OTRAS MENTES

EL PULPO, EL MAR, y los ORÍGENES PROFUNDOS de la CONSCIENCIA

PETER GODFREY-SMITH

taurus



SOBRE EL AUTOR

Peter Godfrey-Smith es profesor de Filosofía en el Graduate Center de la City University of New York, y profesor de historia y filosofía de la ciencia en la Universidad de Sidney, además de un apasionado del submarinismo en las costas del sudeste australiano (sus vídeos de pulpos han aparecido en National Geographic y New Scientist). Ha publicado, entre otros libros, *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science* (University of Chicago Press, 2009), *Philosophy of Biology* (Princeton University Press, 2013) y *Darwinian Populations and Natural Selection* (Oxford University Press, 2009), que ganó el premio Lakatos en 2010.

Otras mentes



Peter Godfrey-Smith

Otras mentes

El pulpo, el mar y los orígenes profundos de la consciencia

Traducción de Joandomènec Ros

taurus



Papel certificado por el Forest Stewardship Council®





Título original: *Other Minds*
Primera edición: noviembre de 2017

Printed in Spain – Impreso en España

ISBN: 978-84-306-1906-1
Depósito legal: B-17138-2017

Compuesto en Arca Edinet, S. L.
Impreso en Unigraf, Móstoles (Madrid)

TA 1 9 0 6 1

Penguin
Random House
Grupo Editorial

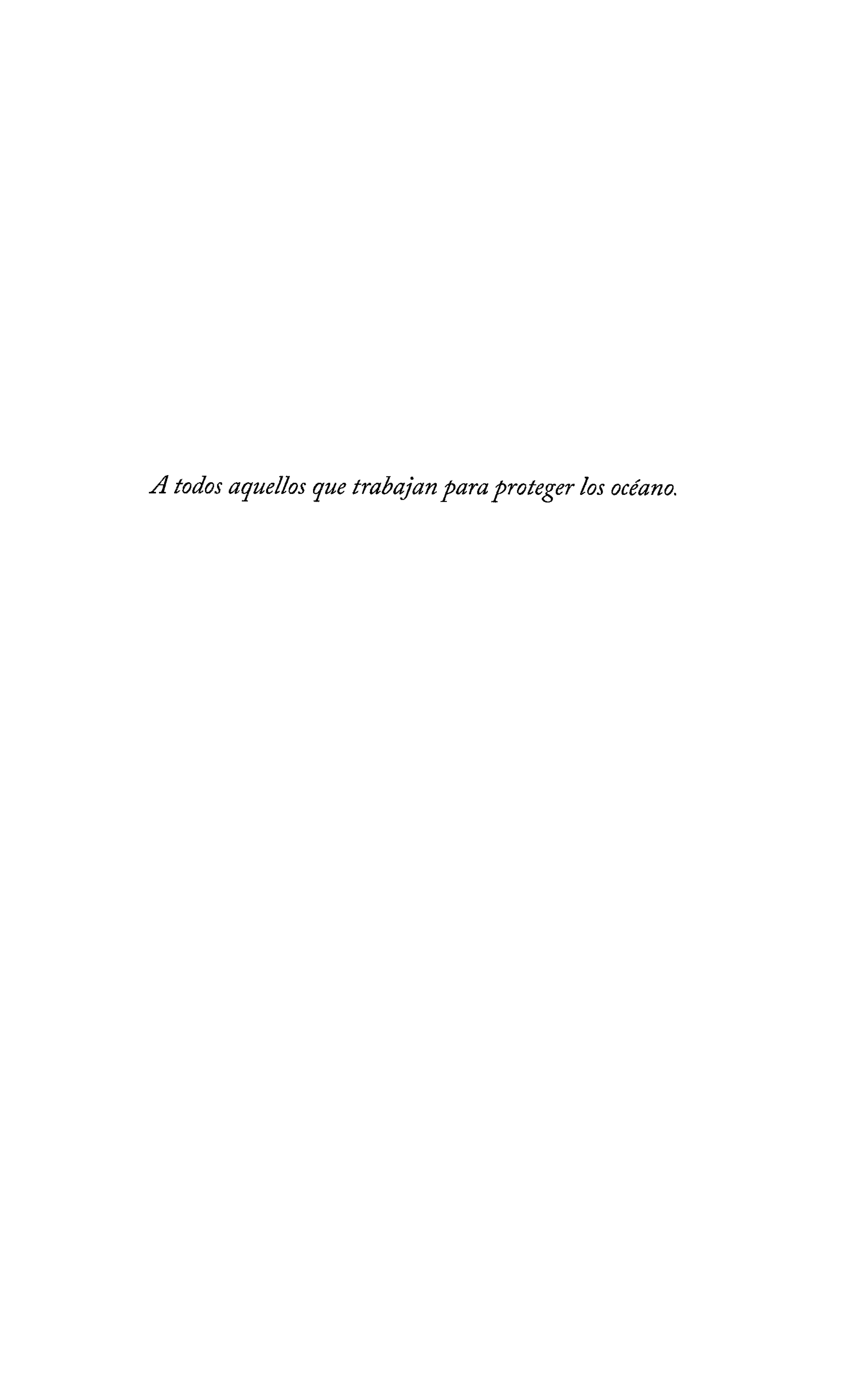
ÍNDICE

1. ENCUENTROS EN EL ÁRBOL DE LA VIDA

2. UNA HISTORIA DE LOS ANIMALES

3. MALIGNIDAD Y ASTUCIA

8. OCTÓPOLIS



A todos aquellos que trabajan para proteger los océano.

La exigencia de continuidad ha demostrado poseer, a lo largo de extensos trechos de la ciencia, un verdadero poder profético. Por lo tanto, deberíamos intentar con sinceridad todos los modos posibles de concebir el alba de la consciencia, de manera que *no* parezca similar a la irrupción en el universo de una nueva naturaleza inexistente hasta entonces.

WILLIAM JAMES, *Principios de psicología*, 1890

La odisea de la creación, según el relato hawaiano, se divide en una serie de etapas [...]. Al principio aparecieron zoófitos y corales, inferiores, y a estos les siguieron gusanos y crustáceos, y cada tipo se dispuso a conquistar y a destruir a su predecesor, una lucha por la existencia en la que sobrevive el más fuerte. En paralelo con esta evolución de formas animales, la vida vegetal empieza en la tierra y en el mar, al principio con las algas, después con hierbas marinas y juncos. A medida que un tipo sigue a otro, el légamo acumulado de su descomposición eleva la tierra por encima de las aguas, en las que, como espectador de todo, nada el pulpo, único superviviente de un mundo anterior.

ROLAND DIXON, *Oceanic Mithology*, 1916

1
ENCUENTROS EN EL ÁRBOL DE LA VIDA

DOS ENCUENTROS Y UNA PARTIDA

Una mañana de primavera de 2009, Matthew Lawrence dejó caer el ancla de su pequeña barca en un punto al azar en medio de una bahía del océano azul de la costa oriental de Australia y saltó por la borda. Provisto del equipo de buceo, nadó hasta donde estaba el ancla, la recogió y esperó. La brisa en la superficie impulsó la barca, que empezó a alejarse, y Matt, que sostenía el ancla, siguió la deriva.

Esta bahía es muy conocida para bucear, pero por lo general los escafandristas solo visitan un par de lugares espectaculares. Como la bahía es grande y normalmente permanece en calma, Matt, que es un entusiasta del buceo que vive cerca, había iniciado un programa de exploración subacuática y había dejado que la brisa arrastrara la barca vacía por encima de él, hasta que se quedaba sin aire, y entonces ascendía siguiendo el cabo del ancla. En una de estas inmersiones, mientras deambulaba sobre un área arenosa plana tachonada de vieiras o conchas de peregrino, se topó con algo insólito. Un montón de valvas de conchas de vieiras vacías (miles de ellas) se hallaban concentradas alrededor de lo que parecía una única roca. Sobre el fondo de conchas había más o menos una docena de pulpos, cada uno de ellos situado en una madri-

guera ligeramente excavada. Matt descendió y se cernió a su lado. Cada pulpo tenía un cuerpo del tamaño de un balón de fútbol o menor. Estaban posados, con los brazos escondidos. Su color, en general, parecía pardo grisáceo, pero cambiaba por momentos. Sus ojos eran grandes y no muy diferentes de los ojos humanos, excepto por las oscuras pupilas horizontales: como ojos de gato volteados de medio lado.

Los pulpos observaban a Matt y también se observaban mutuamente. Algunos empezaron a moverse por el fondo. Salían arrastrándose de sus cubiles y se desplazaban sobre el fondo de conchas sin apresurarse. A veces esto no desencadenaba ninguna respuesta en los demás pulpos, pero en ocasiones un par de ellos se disolvían en una batalla de múltiples brazos. Los pulpos no aparentaban ser amigos ni enemigos, sino que más bien se hallaban en un estado de coexistencia compleja. Como si la escena no fuera ya lo bastante extraña, muchas crías de tiburón, cada una de las cuales apenas tenía unos 15 centímetros de longitud, permanecían posadas sobre las conchas mientras los pulpos vagaban a su alrededor.

Dos años antes de esto me hallaba yo buceando a pulmón libre en otra bahía, en Sídney. Esta localidad está llena de peñascos y de arrecifes. Vi que algo se movía bajo una cornisa (algo asombrosamente grande) y descendí para mirarlo. Lo que encontré presentaba el aspecto de un pulpo pegado a una tortuga. Tenía un cuerpo plano, una cabeza prominente y ocho brazos que salían de la cabeza. Los brazos eran flexibles, con ventosas, parecidos a los de los pulpos. Su dorso estaba rodeado por algo similar a una falda, de unos pocos centímetros de ancho y que se movía con lentitud. El animal parecía tener todos los colores a la vez: rojo, gris, azul verdoso. Sobre él se mostraban dibujos que después se esfumaban, todo en una fracción de segun-

do. Entre las manchas de color había venas plateadas semejantes a líneas eléctricas que brillaban. Se cernió a unos pocos centímetros sobre el fondo del mar y después avanzó para observarme. Tal como había sospechado desde la superficie, este animal era *grande:* alrededor de un metro de largo. Los brazos remaban y vagaban, los colores iban y venían y se desplazaba hacia delante y hacia atrás.

Este animal era una jibia gigante. Las jibias o sepias son parientes de los pulpos, pero están emparentadas de forma más directa con los calamares. Estos tres tipos de animales (pulpos, jibias y calamares) son miembros de un grupo llamado *Cefalópodos.* Otros cefalópodos muy conocidos son los nautilos, moluscos de las aguas profundas del Pacífico que viven de forma muy diferente de los pulpos y sus primos. Pulpos, jibias y calamares poseen otra cosa en común: su sistema nervioso es grande y complejo.

Me sumergí repetidamente, reteniendo la respiración, para observar a este animal. Muy pronto quedé agotado, pero también era reacio a detenerme, pues él parecía tan interesado en mí como yo en él (¿en él?, ¿en ella?). Esta fue mi primera experiencia con un aspecto de estos animales que nunca ha dejado de intrigarme: el sentido de *atracción* mutua que uno puede tener con ellos. Te observan detenidamente, por lo general manteniendo una cierta distancia, pero no demasiada. En ocasiones, cuando me hallaba muy cerca de ella, una jibia gigante extendía un brazo, solo unos pocos centímetros, de modo que tocaba el mío. Suele ser un toque, nada más. Los pulpos muestran un interés táctil mayor. Si me siento frente a su cubil y extiendo un brazo, suelen enviar un tentáculo o dos, primero para explorarme y, después, de manera absurda, para intentar arrastrarme al interior de su cubil. A menudo, sin duda, este es un intento demasiado ambicioso para transformarme en su pitanza. Sin embargo, se ha demostrado

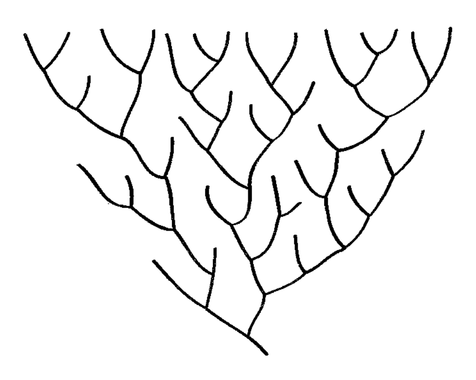
que los pulpos parecen estar interesados también por objetos que con certeza saben que no pueden comer.

Para comprender estos encuentros entre personas y cefalópodos hemos de remontarnos a un acontecimiento del tipo opuesto: una divergencia, una separación. La divergencia tuvo lugar muchísimo tiempo antes de los encuentros: unos 600 millones de años antes. Al igual que los encuentros, implicó a animales en el océano. Nadie sabe qué aspecto presentaban de forma detallada los animales en cuestión, pero quizá tuvieran la forma de gusanos pequeños y aplastados. Pudieron haber tenido solo algunos milímetros de longitud, quizá un poco más. Pudieron haber nadado, pudieron haberse arrastrado sobre el fondo del mar, o ambas cosas. Pudieron haber tenido ojos sencillos, o al menos manchas sensibles a la luz, a cada lado. Si fue así, poco más pudo haber definido una «cabeza» y una «cola». Poseían un sistema nervioso. Este podría haber estado compuesto por redes de nervios extendidas por todo el cuerpo, o bien podría haber incluido alguna agrupación en un minúsculo cerebro. Desconocemos qué comían, cómo vivían y cómo se reproducían estos animales; pero tenían una característica de gran interés desde un punto de vista evolutivo, un rasgo que solo es visible de forma retrospectiva. Estos organismos eran los últimos antepasados comunes del lector y de un pulpo, de mamíferos y cefalópodos. Son los «últimos» antepasados comunes en el sentido de *más recientes*, los últimos de un linaje.

La historia de los animales tiene la forma de un árbol[1]. Una única «raíz» da origen a una serie de ramificaciones a medida que seguimos el proceso hacia delante en el tiempo. Una especie se divide en dos y cada una de estas especies, a su vez, se divide de nuevo (si es que antes no ha muerto). Si una especie se divide, y ambos lados sobreviven y se dividen repetidamente, el resultado puede

ser la evolución de dos o más grupos de especies, cada uno de estos grupos lo suficientemente distinto de los demás para que reciba un nombre familiar: *los mamíferos, las aves*. Las grandes diferencias entre los animales que viven en la actualidad (entre escarabajos y elefantes, por ejemplo) se originaron en divisiones minúsculas e insignificantes de este tipo, hace muchos millones de años. Tuvo lugar una ramificación y dejó dos grupos nuevos de organismos, uno a cada lado, que inicialmente se parecían entre sí, pero que, a partir de este punto en adelante, evolucionaron de manera independiente.

El lector ha de imaginar un árbol que desde lejos tiene una forma triangular, o cónica, invertida, y cuyo interior es muy irregular; algo parecido a esto:



Imagine ahora el lector que se halla sentado en una rama de la parte superior del árbol y que mira hacia abajo. El lector se encuentra en la parte superior porque está vivo en la actualidad (no porque sea superior) y a su alrededor están todos los demás organismos que están vivos ahora. Cerca tiene a sus primos vivos, como los chimpancés y los gatos. Más lejos, cuando el lector mira horizontalmente a través de la parte superior del árbol, verá animales que están más lejanamente emparentados. El «árbol de la vida»

total incluye asimismo plantas, bacterias y protozoos, entre otros grupos, pero limitémonos a los animales. Si ahora miramos hacia abajo, hacia las raíces, veremos a nuestros antepasados, tanto a los recientes como a los más remotos. Para cualquier par de animales que viven en la actualidad (el lector y un ave, el lector y un pez, un ave y un pez), podemos trazar dos líneas de origen a lo largo del árbol, en sentido descendente, hasta que ambas se cruzan en un *antepasado común,* un antepasado que lo es de ambos. Este antepasado común podría encontrarse muy pronto en el árbol, o más abajo. En el caso de humanos y chimpancés enseguida alcanzamos un antepasado común, que vivía hace unos seis millones de años. Para parejas de animales muy diferentes (humano y escarabajo, por ejemplo), hemos de seguir las líneas mucho más abajo.

Mientras el lector permanece sentado en el árbol, mirando hacia sus parientes cercanos y distantes, puede considerar una colección concreta de animales, aquellos a los que se suele tener por «inteligentes» (los que poseen un cerebro grande y son complejos y flexibles en su comportamiento). Con toda seguridad dichos animales incluirán chimpancés y delfines, también perros y gatos, junto a los humanos. Todos estos animales están situados bastante cerca del lector en el árbol. Desde un punto de vista evolutivo, son primos bastante cercanos. Si hacemos este ejercicio de manera adecuada, también hemos de incluir las aves. Uno de los hallazgos más importantes en psicología animal durante las últimas décadas ha sido reconocer la inteligencia de los cuervos y los loros. No son mamíferos, pero sí vertebrados, y por lo tanto todavía se encuentran relativamente cerca de nosotros, aunque no tanto como los chimpancés.

Después de haber reunido a todos estos mamíferos y aves, podemos preguntarnos: ¿qué aspecto tenía su antepasado común más reciente? y ¿cuándo vivió? Si miramos

árbol abajo hasta donde se cruzan sus líneas de ascendencia, ¿qué vemos que vivía allí? La respuesta es un animal parecido a un lagarto. Vivió hace aproximadamente 320 millones de años, un poco antes de la época de los dinosaurios. Este animal tenía una columna vertebral, era de un tamaño razonable y estaba adaptado a la vida en la tierra. Su configuración se parecía a la nuestra, con cuatro extremidades, una cabeza y un esqueleto. Caminaba, utilizaba sentidos parecidos a los nuestros y poseía un sistema nervioso central muy desarrollado.

Busquemos ahora el antepasado común que conecta a este primer grupo de animales, que nos incluye a nosotros, con un pulpo. Para encontrar este animal hemos de desplazarnos mucho más, hasta ramas situadas más abajo del árbol. Cuando lo localizamos, a unos 600 millones de años antes del presente, el animal es aquel organismo parecido a un gusano aplastado que describí antes.

Este salto hacia atrás en el tiempo es casi el doble de largo que el que dimos para hallar al antepasado común de mamíferos y aves. El antepasado de humanos y pulpos vivió en una época en la que ningún organismo había penetrado en la tierra y los animales más grandes de aquel entonces podrían haber sido esponjas y medusas (además de algunas rarezas que comentaré en el capítulo siguiente).

Supongamos que hemos encontrado a dicho animal y que ahora estamos viendo la separación, la ramificación, tal como ocurrió. En un océano turbio (sobre el fondo marino, o arriba, en la columna de agua) vemos a muchos de aquellos gusanos, que viven, se reproducen y mueren. Por una razón desconocida, unos se separan de los otros, y, por una acumulación de cambios aleatorios, empiezan a vivir de forma diferente. Con el tiempo, sus descendientes producen por evolución cuerpos diferentes. Los dos lados se bifurcan una y otra vez y no transcurre mucho tiempo

sin que veamos no ya dos grupos de gusanos, sino dos enormes ramas del árbol evolutivo.

Una ruta ascendente desde esta división subacuática conduce a nuestra rama del árbol: a los vertebrados, entre otros, y, dentro de los vertebrados, a los mamíferos, y, finalmente, a los humanos. La otra ruta lleva a una amplia gama de especies de invertebrados, entre ellos cangrejos y abejas y sus afines, muchos tipos de gusanos y también a los moluscos, el grupo que incluye las almejas, las ostras y los caracoles. Esta rama no contiene todos los animales conocidos generalmente como «invertebrados»[2], pero sí que incluye a los más familiares: arañas, ciempiés, vieiras, polillas.

En esta rama la mayoría de animales son relativamente pequeños, con excepciones, y también tienen un sistema nervioso reducido. Algunos insectos y arañas poseen un comportamiento muy complejo, en concreto el social, pero su sistema nervioso sigue siendo limitado. Así es como ocurre todo en esta rama…, salvo con los cefalópodos. Estos son un subgrupo de los moluscos, de manera que están emparentados con almejas y caracoles, pero desarrollaron un sistema nervioso grande y unas formas de comportamiento muy distintas de las de los demás invertebrados. Esto lo realizaron en una ruta evolutiva totalmente separada de la nuestra.

Los cefalópodos son una isla de complejidad mental en el mar de los animales invertebrados. Puesto que nuestro antepasado común más reciente era tan simple y se sitúa tan atrás en el tiempo, los cefalópodos constituyen un *experimento independiente* en la evolución de un cerebro grande y de un comportamiento complejo. Si podemos tener *contacto* con los cefalópodos no es debido al parentesco, sino porque la evolución construyó mentes dos veces. Esto es quizá lo más cerca que estaremos de encontrar a un alienígena inteligente.

ESBOZOS

Uno de los problemas clásicos de mi disciplina (la filosofía) es la relación entre mente y materia. ¿Cómo encajan percepción, inteligencia y consciencia en el mundo físico? Quiero avanzar en esta cuestión, por vasta que sea, en este libro. Me aproximo al problema siguiendo un camino evolutivo; quiero saber cómo surgió la consciencia a partir de los materiales básicos que se encuentran en los seres vivos. Hace eones, los animales eran simplemente uno de los diversos y revoltosos burujos de células que empezaron a vivir juntos como unidades en el mar. A partir de allí, sin embargo, algunos de ellos adoptaron un estilo de vida particular. Siguieron por una senda de movilidad y actividad e hicieron que surgieran ojos, antenas y medios para manipular los objetos que los rodeaban. Produjeron por evolución el arrastrarse de los gusanos, el zumbido de los mosquitos, los viajes globales de las ballenas. Como parte de todo esto, en alguna fase desconocida, llegó la evolución de la *experiencia subjetiva*. Para algunos animales, hay algo que *tiene la sensación de ser* tal animal. Hay un yo, de algún tipo, que experimenta lo que sucede.

Estoy interesado en cómo evolucionó cualquier tipo de experiencia, pero los cefalópodos tendrán una importancia especial en este libro. Ello se debe, ante todo, a que son unos animales muy singulares. Si pudieran hablar, nos dirían muchas cosas. Sin embargo, esta no es la única razón por la que se arrastran y nadan por todo el libro. Estos animales modelaron mi senda a través de los problemas filosóficos; siguiéndoles en el mar, intentando descubrir qué es lo que hacían, se convirtieron en una parte importante de mi ruta. Al abordar cuestiones acerca de la mente animal, es fácil sentirse influido por nuestro propio caso. Cuando imaginamos la vida y la experiencia de animales

más simples, a menudo terminamos por visualizar versiones reducidas de nosotros mismos. Los cefalópodos nos ponen en contacto con algo muy diferente. ¿Qué aspecto tiene para ellos el mundo? El ojo de un pulpo es similar al nuestro; está formado como una cámara fotográfica, con una lente ajustable que enfoca una imagen sobre una retina. Los ojos son parecidos, pero el cerebro que hay detrás de ellos es diferente en casi todos los sentidos. Si queremos comprender *otras* mentes, las mentes de los cefalópodos son las *más otras* de todas.

La filosofía constituye una de las vocaciones menos corpóreas; es, o puede ser, un tipo de vida puramente mental. No hay un equipo que exija una dirección, ni yacimientos, ni unidades externas. No existe nada malo en ello: lo mismo puede decirse de las matemáticas y de la poesía. Sin embargo, la parte corpórea de este proyecto ha sido importante. Di con los cefalópodos por casualidad, al pasar mucho tiempo en el agua. Empecé siguiéndolos y, finalmente, comencé a pensar en su vida. Este proyecto se ha visto muy influido por su presencia física y por su imprevisibilidad; también, por el sinnúmero de aspectos prácticos que conlleva estar bajo el agua: las exigencias de equipo y gases y presión del agua, la reducción de la gravedad en la luz verdiazul. Los esfuerzos que un ser humano tiene que hacer para habérselas con estos aspectos reflejan las diferencias entre la vida en la tierra y en el agua, y el mar es el hogar original de la mente, o al menos de sus formas primeras y vagas.

Al principio de este libro incluí una cita del filósofo y psicólogo William James[3], que escribía a finales del siglo XIX. James quería entender de qué manera la consciencia llegó a habitar en el universo. Tenía una orientación evolutiva para la cuestión, en un sentido amplio que comprendía no solo la evolución biológica, sino también la del

cosmos en su conjunto. Pensaba que necesitamos una teoría basada en continuidades y transiciones comprensibles, no en entradas o saltos repentinos.

Al igual que James, yo quiero entender la relación entre mente y materia y supongo que el relato que hay que contar presenta un desarrollo gradual. Llegados a este punto, algunos podrían decir que ya sabemos sus líneas generales: el cerebro evoluciona, se añaden más neuronas, algunos animales se vuelven más inteligentes que otros y eso es todo. Sin embargo, decir esto es negarse a plantear algunas de las preguntas más desconcertantes: ¿cuáles son los animales más antiguos y más sencillos que tenían una experiencia subjetiva de algún tipo? ¿Qué animales fueron los primeros en sentir daño (por ejemplo, dolor)? ¿Se nota algo al *ser* uno de los cefalópodos de cerebro grande o son solo máquinas bioquímicas para las que todo está oscuro dentro?[4] El mundo tiene dos caras que, de alguna manera, han de encajar entre sí, pero que no parecen hacerlo de una manera que, en la actualidad, seamos capaces de entender. Una es la existencia de sensaciones y otros procesos mentales sentidos por un agente; la otra, el mundo de la biología, la química y la física.

Tales problemas no quedarán enteramente resueltos en este libro, pero es posible progresar al trazar la evolución de los sentidos, el cuerpo y el comportamiento. En algún punto de este proceso se halla la evolución de la mente. De modo que este es un libro de filosofía y también uno acerca de los animales y la evolución. El que sea de filosofía no lo sitúa en un terreno arcano e inaccesible. Hacer filosofía es, en gran medida, tratar de *combinar cosas,* de intentar obtener piezas de rompecabezas muy grandes para lograr que estos cobren algún sentido. La buena filosofía es oportunista; usa cualquier información y herramienta que parezcan útiles. Espero que, a medida que el libro

avance, entre y salga de la filosofía a través de costuras de las que el lector apenas pueda darse cuenta.

Así, pues, este libro pretende tratar de la mente y de su evolución y hacerlo con una cierta amplitud y profundidad. La *amplitud* implica pensar acerca de diferentes tipos de animales. La *profundidad* es profundidad en el tiempo, pues el libro abarca los largos periodos y sucesivos sistemas de la historia de la vida.

El antropólogo Roland Dixon atribuyó a los hawaianos[5] la narración de la evolución que usé como segunda cita: «Al principio aparecieron zoófitos y corales, inferiores, y a estos les siguieron gusanos y crustáceos, y cada tipo se dispuso a conquistar y destruir a su predecesor». El relato de conquistas sucesivas que Dixon esboza no es como realmente se desarrolló la historia y el pulpo no es el «único superviviente de un mundo anterior». Sin embargo, el pulpo sí que tiene una relación especial con la historia de la mente. No es un superviviente, sino una segunda expresión de lo que estuvo presente antes. El pulpo no es el Ishmael de *Moby Dick*, que fue el único que escapó para contar su relato, sino un pariente lejano que vino de otra línea y que, en consecuencia, tiene una historia diferente que contar.

2
UNA HISTORIA DE LOS ANIMALES

INICIOS

La Tierra tiene unos 4.500 millones de años de antigüedad[1] y la misma vida se originó hace quizá unos 3.800 millones de años. Los animales llegaron mucho más tarde, tal vez hace 1.000 millones de años, pero probablemente algún tiempo después. Así, durante la mayor parte de la historia de la Tierra hubo vida, pero no animales. Lo que tuvimos, a lo largo de extensos periodos de tiempo, era un mundo de organismos unicelulares en el mar. En la actualidad, gran parte de la vida sigue de la misma forma.

Cuando nos imaginamos esta larga era antes de los animales, se puede empezar visualizando organismos unicelulares como seres solitarios: innumerables islas diminutas, que no hacen nada más que ir flotando, alimentándose (de alguna manera) y dividiéndose en dos. Sin embargo, la vida unicelular es, y quizá era, mucho más enrevesada: muchos de estos organismos viven en asociación con otros, a veces en una mera tregua y coexistencia, a veces en una colaboración genuina. Algunas de las primeras colaboraciones estaban tal vez tan ajustadas[2] que eran realmente una desviación de un modo de vida «unicelular», pero no se encontraban organizadas en nada que se pareciera a la manera en que nuestros cuerpos animales se hallan organizados.

Cuando nos imaginamos este mundo, también podríamos suponer que, puesto que no hay animales, no hay comportamiento, ni sensación del mundo exterior. De nuevo, no era así. Los organismos unicelulares pueden sentir y reaccionar[3]. Gran parte de lo que hacen solo cuenta como *comportamiento* en un sentido muy amplio, pero pueden controlar cómo se desplazan y qué sustancias químicas producen, en respuesta a lo que detectan que ocurre a su alrededor. Para que cualquier organismo haga esto, una parte del mismo tiene que ser *receptiva*, capaz de ver, oler u oír, y otra parte tiene que ser *activa*, capaz de hacer que ocurra algo útil. El organismo tiene asimismo que establecer algún tipo de conexión, un arco, entre estas dos partes.

Uno de los sistemas de este tipo mejor estudiados puede verse en la conocida bacteria *Escherichia coli*, muy numerosa dentro y alrededor de nosotros. *E. coli* tiene un sentido del gusto o del olfato; puede detectar sustancias químicas agradables y desagradables en su entorno y puede reaccionar moviéndose hacia concentraciones de determinadas sustancias y alejándose de otras. El exterior de cada célula de *E. coli* posee una serie de sensores: grupos de moléculas que se extienden por la membrana exterior de la célula. Esta es la parte de «entrada» del sistema. La parte de «salida» se compone de *flagelos,* los largos filamentos mediante los cuales la célula nada. Una bacteria *E. coli* realiza dos movimientos principales: puede *correr* o *rodar*. Cuando corre, se desplaza en línea recta, y, cuando rueda, como cabe esperar, cambia de dirección al azar. Una célula pasa continuamente de una de estas actividades a la otra, pero, si detecta una concentración creciente de alimento, su cambio de dirección se reduce.

Una bacteria es tan pequeña que sus sensores por sí solos no pueden darle indicación de la dirección de la que procede una sustancia química buena o mala. Para superar

este problema, la bacteria usa tiempo para habérselas con el espacio. La célula no está interesada en cuánta de dicha sustancia química está presente en cualquier momento dado, sino más bien en si dicha concentración aumenta o disminuye. Después de todo, si la célula nadara en línea recta simplemente porque la concentración de una sustancia deseable fuera elevada, podría desplazarse alejándose del nirvana químico, no hacia él, en función de la dirección a la que apuntara. La bacteria soluciona este problema de una manera ingeniosa: cuando sus sensores captan el mundo, un mecanismo registra cuáles son las condiciones en el momento y otro registra cómo eran las cosas un momento antes. La bacteria nadará en línea recta mientras las sustancias químicas que detecta parezcan mejores ahora que las que captó en un momento anterior. Si no, es preferible cambiar de dirección.

Las bacterias constituyen uno de los diversos tipos de organismos unicelulares y, en muchos aspectos, son más simples que las células que acabaron uniéndose para producir animales. Dichas células, *eucariotas,* son mayores y tienen una estructura interna compleja[4]. Surgieron hace quizá 1.500 millones de años y son los descendientes de un proceso en el que una pequeña célula bacteriforme se tragó a otra. En muchos casos, los eucariotas unicelulares poseen capacidades más complejas para probar y nadar y también se acercan lentamente a un sentido muy importante: la vista.

La luz, para los seres vivos, presenta un papel doble[5]. Para muchos es un recurso intrínsecamente importante, una fuente de energía. También puede ser una fuente de información, un indicador de otras cosas. Este segundo uso, que nos es tan familiar, no lo consigue fácilmente un organismo diminuto. Gran parte del uso de la luz por parte de los organismos unicelulares es mediante la energía solar;

como las plantas, se bañan en el sol. Diversas bacterias pueden sentir la luz y responder a su presencia. Los organismos tan pequeños tienen dificultad a la hora de determinar la dirección de la que procede la luz y no digamos ya de enfocar una imagen, pero una serie de eucariotas unicelulares, y quizá unas pocas bacterias destacadas, sí que presentan los inicios de *visión*. Los eucariotas poseen «manchas oculares», manchas que son sensibles a la luz, conectadas a algo que ensombrece o enfoca la luz incidente y que hace que esta aporte más información. Algunos eucariotas buscan la luz, algunos la evitan y algunos pasan de una situación a la otra; siguen la luz cuando quieren incorporar energía y la evitan cuando sus reservas de energía están llenas. Otros buscan la luz cuando no es demasiado fuerte y la evitan cuando la intensidad se torna peligrosa. En todos estos casos, existe un sistema de control que conecta la mancha ocular con un mecanismo que permite nadar a la célula.

Gran parte de la sensibilidad hacia el ambiente que muestran estos diminutos organismos se dirige a encontrar alimento y a evitar toxinas. Sin embargo, incluso en los primeros trabajos sobre la *E. coli*, parecía que había algo más. Estas bacterias eran atraídas asimismo hacia sustancias químicas que no podían comer[6]. Los biólogos que trabajan con estos organismos están cada vez más inclinados a considerar que los sentidos de las bacterias se hallan adaptados a la presencia y actividades de otras células a su alrededor, no solo al baño de sustancias químicas comestibles e incomestibles. Los receptores de la superficie de las células bacterianas son sensibles a muchas cosas, y, entre ellas, se encuentran sustancias que las mismas bacterias tienden a excretar por varias razones: a veces solo como sobrantes de procesos metabólicos. Esto puede parecer que no es gran cosa, pero abre una puerta importante. Una vez que las mismas sustancias químicas se sienten y se produ-

cen, existe la posibilidad de coordinación entre células. Hemos llegado al nacimiento del comportamiento social.

Un ejemplo es la *detección de quórum*[7]. Si una sustancia química es producida y detectada a la vez por una especie concreta de bacterias, puede ser usada por dichas bacterias para evaluar cuántos individuos de la misma especie hay en el entorno. Al hacerlo, pueden deducir si en las inmediaciones existen las suficientes bacterias para que valga la pena producir una sustancia química que haga su tarea solo si muchas células la producen a la vez.

Un caso temprano de percepción de quórum que se descubrió implica (de manera apropiada para este libro) el mar y un cefalópodo. Las bacterias que viven en el interior de un calamar de Hawái producen luz mediante una reacción química, pero únicamente si en el entorno hay otras bacterias en número suficiente para añadirse al proceso. Las bacterias controlan su iluminación al detectar la concentración local de una molécula «inductora», que es producida por las bacterias y da a cada individuo una sensación de cuántos productores potenciales de luz se encuentran en las inmediaciones. Además de iluminarse, las bacterias siguen la norma de que, cuántas más sustancias químicas se *detectan*, más se *producen*.

Cuando se produce la luz suficiente, los calamares que albergan las bacterias obtienen el beneficio del camuflaje. Ello se debe a que cazan de noche, cuando la luz de la luna haría que su cuerpo produjera sombra que los depredadores situados más abajo verían. Sus luces internas anulan la sombra. Mientras tanto, las bacterias parecen beneficiarse del acogedor hogar que los calamares proporcionan.

Este escenario acuático es el que hay que tener presente[8] cuando pensamos en aquellos primeros estadios de la historia de la vida…, aunque en el relato evolutivo nos hallamos en un momento muy anterior a la existencia de

ningún calamar. La química de la vida es una química acuática. Podemos apañárnoslas en tierra solo porque llevamos en nosotros una cantidad enorme de agua salada. Y muchos de los pasos evolutivos que se hicieron en estas fases tempranas (los que dieron origen a los sentidos, al comportamiento y a la coordinación) habrían dependido del movimiento libre de las sustancias químicas en el mar.

Hasta aquí, todas las células que hemos encontrado son sensibles a las condiciones externas. Algunas tienen también una sensibilidad especial hacia *otros organismos,* entre los que se incluyen organismos de la misma especie. Dentro de dicha categoría, algunas células muestran una sensibilidad a las sustancias químicas que otros organismos *producen para ser percibidas,* en oposición a sustancias producidas como simples subproductos. Esta última categoría (sustancias químicas que se producen porque otros organismos las percibirán y responderán a ellas) nos lleva al umbral de la emisión de señales y de la comunicación.

Sin embargo, estamos llegando a dos umbrales, no a uno solo[9]. En un mundo de vida acuática unicelular, hemos visto cómo los individuos pueden percibir su entorno y enviar señales a otros; pero estamos a punto de contemplar la transición de una vida unicelular a una vida pluricelular. Una vez que dicha transición esté en marcha, la emisión de señales y la percepción que conectaban a un organismo con otro se convierten en la base de nuevas interacciones que tienen lugar *dentro* de las nuevas formas de vida que ahora aparecen. La percepción del entorno y la emisión de señales entre organismos dan lugar a la percepción del entorno y la emisión de señales dentro de un organismo[10]. Los medios de que se vale una célula para percibir el ambiente externo se convierten en los medios para percibir lo que están haciendo otras células dentro del mismo organismo y lo que podrían estar diciendo. El «ambiente»

de una célula está constituido en gran parte por otras células y la viabilidad del nuevo organismo, mayor, dependerá de la coordinación entre dichas partes.

VIVIR JUNTOS

Los animales son pluricelulares: contenemos muchas células que actúan de común acuerdo[11]. La evolución de los animales empezó cuando algunas células sumergieron su individualidad y se convirtieron en partes de grandes empresas conjuntas. La transición a una forma de vida pluricelular tuvo lugar muchas veces y condujo, una vez, a los animales, a las plantas, en otras ocasiones a los hongos, a diversas algas marinas y a organismos menos visibles. Lo más probable es que el origen de los animales no se produjera por un encuentro entre células solitarias que derivaron juntas. Más bien, los animales surgieron de una célula cuyas hijas no se separaron de forma adecuada durante la división celular. Por lo general, cuando un organismo unicelular se divide en dos, las hijas siguen caminos separados, pero no siempre. Imagine el lector una bola de células que se forma cuando una célula se divide y los resultados siguen juntos..., y el proceso se repite varias veces. Las células del burujo probablemente comían bacterias mientras se desplazaban juntas en el mar.

Las fases siguientes de la historia no son claras[12]; sobre la mesa hay un par de situaciones hipotéticas, que atienden a diferentes tipos de pruebas. En una situación, que es quizá la teoría mayoritaria, algunas de estas bolas de células abandonaron su vida suspendida y se instalaron en el fondo del mar. Allí empezaron a alimentarse filtrando agua a través de canales en su cuerpo; el resultado fue la evolución de la esponja.

¿Una esponja? Sería difícil elegir un antepasado más improbable; después de todo, las esponjas no se mueven. Parecen un callejón sin salida inmediato. Sin embargo, solo la esponja adulta es inmóvil. Los bebés, o larvas, constituyen otra cuestión. A menudo son nadadores que buscan un lugar en el que instalarse y convertirse en una esponja adulta. Las larvas de esponja no tienen cerebro, pero sí sensores en su cuerpo que olisquean su mundo. Quizá algunas de estas larvas optaron por *seguir* nadando, en lugar de instalarse. Permanecieron móviles, se hicieron sexualmente maduras mientras seguían suspendidas en el agua y empezaron un nuevo tipo de vida. Se convirtieron en las madres de todos los demás animales y dejaron a sus parientes fijados en el fondo marino.

La situación hipotética que acabo de describir está motivada por la opinión de que las esponjas resultan ser los animales vivos más remotamente emparentados con nosotros. *Remoto* no quiere decir *antiguo:* las esponjas actuales son producto de la evolución tanto como lo somos nosotros. Sin embargo, por varias razones, si las esponjas se bifurcaron en fecha muy temprana, se piensa que pueden ofrecer pistas de qué aspecto tenían los animales más antiguos. Aun así, investigaciones recientes sugieren que, después de todo, las esponjas pudieran no ser los animales más remotamente emparentados con nosotros; en cambio, este título puede pertenecer a los *ctenóforos.*

Un ctenóforo presenta el aspecto de una medusa muy delicada. Es un globo casi transparente, con bandas coloreadas de hebras con aspecto de pelos que recorren su cuerpo. A veces se ha considerado que los ctenóforos son primos de las medusas, aunque las semejanzas observables podrían ser engañosas: podrían haberse separado del linaje que condujo a los demás animales antes incluso de que lo hicieran las esponjas. Si esto es así, ello no quiere decir

que nuestro antepasado tuviera el aspecto de un ctenóforo actual. Sin embargo, la situación hipotética de los ctenóforos motiva un panorama diferente de los primeros estadios evolutivos. De nuevo empezamos con un burujo de células, pero imaginemos ahora que este burujo se pliega en una forma globulosa y vaporosa y nada con un ritmo simple mientras vive suspendido en la columna de agua. La evolución de los animales sigue desde aquí: a partir de una madre fantasmagórica que planea, en lugar de una larva de esponja serpenteante que se negó a establecerse.

Cuando surgieron los organismos pluricelulares, las células que antaño eran organismos por derecho propio empezaron a trabajar como partes de unidades mayores. Si el nuevo organismo ha de ser algo más que un burujo de células pegadas juntas, requiere coordinación. Antes describí las formas de percibir y de actuar que se ven en los organismos unicelulares. En los pluricelulares, estos sistemas sensoriales y de comportamiento se hacen más complicados. Además, la *existencia* misma de estas nuevas entidades (cuerpos de los animales) depende de estas capacidades para percibir y actuar. Percibir mediante los sentidos y emitir señales entre organismos da paso a percibir mediante los sentidos y emitir señales en su interior. Las capacidades «de comportamiento» de las células que antaño vivieron como organismos completos se convierten en la base para la coordinación en el interior del nuevo organismo pluricelular.

Los animales confieren varios papeles a esta coordinación. Un papel se ve también en otros organismos pluricelulares, como las plantas: la transmisión de señales entre células se emplea para *construir* el organismo, para crearlo. Otro papel existe a una escala temporal más rápida, la cual es especialmente característica de la vida animal. En todos los animales, excepto en unos pocos, las interac-

ciones químicas entre algunas células se convierten en la base para un *sistema nervioso,* pequeño o grande. Y, en algunos de dichos animales, una masa de estas células que se concentran y se unen, que desencadenan una tormenta quimioeléctrica de emisión de señales con otros fines, se convierte en un cerebro.

NEURONAS Y SISTEMAS NERVIOSOS

Un sistema nervioso está compuesto por muchas partes, pero las más importantes son las células de forma insólita llamadas *neuronas.* Sus largas hebras y complejas ramificaciones forman un laberinto por toda nuestra cabeza y nuestro cuerpo.

La actividad de las neuronas depende de dos cosas: una es su excitabilidad eléctrica, que se ve especialmente en el *potencial de acción,* un espasmo eléctrico que se desplaza a lo largo de una célula en una reacción en cadena; otra, la percepción y la emisión de señales químicas. Una neurona liberará una minúscula rociada de sustancias químicas en el espacio o «grieta» entre ella y otra neurona. Dichas sustancias, cuando son detectadas al otro lado, pueden ayudar a desencadenar (o, en algunos casos, suprimir) un potencial de acción en aquella célula adyacente. Esta influencia química es el residuo de la antigua emisión de señales entre organismos, presionada hacia dentro. El potencial de acción también existía en las células antes de que aparecieran por evolución los animales y sigue existiendo en la actualidad fuera de ellos. El primero que se pudo medir, de hecho, fue en una planta, la venus atrapamoscas *[Dionaea muscipula]**, a instigación de

* Todas las aclaraciones dentro del texto (excepto en el caso de las citas) que aparecen (entre corchetes) pertenecen al traductor *[N. del T.].*

Charles Darwin en el siglo XIX. Incluso algunos organismos unicelulares poseen potenciales de acción.

Lo que los sistemas nerviosos hacen posible[13] no es la emisión de señales de célula a célula (esto es común), sino unos tipos particulares de señales. Los sistemas nerviosos son *rápidos*, para empezar. Excepto en unos pocos casos como la venus atrapamoscas, las plantas actúan a una escala de tiempo más lenta. En segundo lugar, las extensiones largas y tenues de las neuronas permiten que una célula alcance una cierta distancia a través del cerebro o del cuerpo y que afecte únicamente a unas pocas células distantes; la influencia está *dirigida*. La evolución ha transformado el paso de señales de célula a célula: de una actividad en la que las células simplemente emiten sus señales a quien quiera que esté lo bastante cerca y escuchando, a algo diferente (una red organizada). En un sistema nervioso como el nuestro, el resultado se traduce en un clamor eléctrico continuo, una sinfonía de minúsculos ataques celulares, mediados por rociadas de sustancias químicas a través de los espacios que quedan entre una célula y otra.

Este tumulto interno también resulta *caro*. Hacer funcionar y mantener las neuronas cuesta muchísima energía. La creación de sus espasmos eléctricos es como la carga y descarga continua de una batería cientos de veces por segundo. En un animal como nosotros, una gran proporción de la energía que ingresa como alimento, casi la cuarta parte en nuestro caso, se invierte únicamente en mantener el cerebro en marcha. Cualquier sistema nervioso constituye una máquina muy costosa. Pronto me dedicaré a la historia de esta máquina, a cuándo pudo haber evolucionado y cómo; pero primero emplearé un poco de tiempo en una cuestión general acerca del *porqué*.

¿Por qué vale la pena poseer un cerebro o cualquier sistema nervioso? ¿Para qué sirven? Tal como lo veo, exis-

ten dos imágenes que guían el pensamiento de la gente acerca de dicha cuestión[14]. Dichas imágenes son visibles en el trabajo científico y también impregnan la filosofía; tienen raíces profundas. Según la primera teoría, la función original y fundamental del sistema nervioso es la de conectar la *percepción* con la *acción*. El cerebro sirve para guiar la acción y la única manera de «guiar» la acción de una manera útil es conectar lo que se hace con lo que se ve (y se toca, y se saborea). Los sentidos siguen la pista de lo que ocurre en el entorno y el sistema nervioso usa esta información para deducir qué hacer. Denomino a esto la teoría *sensorio-motriz* del sistema nervioso y de su función*.

Entre los sentidos, en un lado, y los mecanismos «efectores», en el otro, ha de haber algo que salve el espacio, que use la información que los sentidos han obtenido. Incluso las bacterias tienen esta disposición, como nos demostró el caso de la *E. coli*. Los animales tienen sentidos más complejos, se dedican a acciones más complejas y poseen una maquinaria más compleja que conecta sus sentidos a sus acciones. Sin embargo, según la teoría sensorio-motriz, el papel de mensajero siempre ha sido fundamental para el sistema nervioso: en el inicio, ahora y en todas las fases intermedias.

Esta primera teoría es tan intuitiva que podría parecer que no existe margen para una alternativa; pero se da otra imagen que es más fácil perder de vista que la primera. Es cierto que hay que modificar nuestras acciones en respuesta a los acontecimientos que suceden fuera de nosotros, pero también tiene que ocurrir algo más, y, en algunas circunstancias, es algo más básico y más difícil de conseguir. Esto es la *creación de las mismas acciones*[15]. ¿Cómo, para empezar, somos capaces de actuar?

* Si el lector ha visto, en cambio, el término *sensoriomotriz*, considere, por favor, que es el mismo *[N. del A.]*.

Dije más arriba: percibimos lo que ocurre y hacemos algo en respuesta. Sin embargo, *hacer* algo, si uno está constituido por muchas células, no es un asunto trivial, no es algo que pueda asumirse simplemente. Hace falta mucha coordinación entre nuestras partes. Esto no es un gran problema si se es una bacteria, pero, si somos un organismo mayor, todo es diferente. Entonces nos enfrentamos a la tarea de generar una acción coherente de todo el organismo a partir de las muchas salidas minúsculas (las diminutas contracciones, contorsiones y sacudidas) de nuestras partes. Una multitud de *micro*acciones han de moldearse en una *macro*acción.

Esto nos resulta familiar en situaciones sociales como el problema del trabajo en equipo. Los jugadores de un equipo han de combinar sus acciones en un todo, y, al menos en algunos tipos de fútbol, esto sería una tarea sustancial incluso en el caso de que el otro equipo nunca cambiara sus movimientos. Una orquesta ha de resolver la misma dificultad. El obstáculo al que equipos y orquestas se enfrentan también lo tienen algunos organismos individuales. Esta cuestión es principalmente peculiar para los animales; constituye un impedimento para los organismos pluricelulares, pero no para los unicelulares, y solamente una traba para aquellos organismos pluricelulares cuyo estilo de vida implica acciones complejas. No es un inconveniente para las bacterias y no resulta un gran problema para las algas marinas.

Anteriormente traté de las interacciones entre neuronas como una especie de emisión de señales[16]. Aunque la analogía no es completa, es útil de nuevo como una manera de entender estas dos visiones del papel de los sistemas nerviosos primitivos. Recordemos el relato de la cabalgada de Paul Revere al inicio de la Revolución estadounidense en 1775, tal como lo contó (con considerable licencia poética) Henry Wadsworth Longfellow. El sacristán de la

Antigua Iglesia del Norte, de Boston, podía observar los movimientos del ejército inglés y empleaba un código basado en una linterna para enviar un mensaje a Paul Revere («uno, si era por tierra; dos, si era por mar»). El sacristán actuaba como un sensor, Revere, como un músculo y la linterna del sacristán, como una conexión nerviosa.

El relato de Revere se suele usar para que la gente piense en la comunicación de una manera exacta. Y así es; pero también nos anima a pensar en un tipo concreto de comunicación que resuelve un tipo particular de problema. Considérese una situación diferente, aunque todavía familiar. Suponga el lector que se encuentra en un bote con varios remeros, cada uno de los cuales tiene un remo. Juntos, los remeros pueden impulsar el bote hacia delante, pero, incluso si son vigorosos, sus acciones individuales no conseguirán conducir el bote a ningún lugar a menos que coordinen lo que hacen. No importa exactamente cuándo cada uno de ellos accionará su remo, mientras todos lo hagan al mismo tiempo. Una manera de resolver esta situación es tener a alguien que cante la «boga».

La comunicación en la vida cotidiana cumple ambos papeles: uno sería el del sacristán y Revere, o sensoriomotor, basado en una división entre los que ven y los que actúan, y otro puramente coordinador, tal como se observa en los remeros. Ambos papeles pueden representarse al mismo tiempo y no hay conflicto entre ellos. Hacer que un bote se mueva requiere la coordinación de microacciones, pero también es necesario que alguien se ocupe de ver hacia dónde se dirige el bote. La persona que canta la boga, el timonel, suele actuar como los ojos de los remeros *y* como coordinador de microacciones. La misma combinación puede verse en un sistema nervioso.

Aunque no exista una discrepancia esencial entre estos dos papeles, la distinción misma es importante. Durante

gran parte del siglo xx simplemente se supuso una teoría sensorio-motriz de la evolución del sistema nervioso, e hizo falta algún tiempo para que la segunda teoría, la basada en la coordinación interna, resultara evidente. Chris Pantin, un biólogo inglés, desarrolló la segunda teoría en la década de 1950, y no hace mucho la ha revisado Fred Keijzer, un filósofo[17]. Señalan, con acierto, que es fácil caer en la costumbre de pensar que cada «acción» es una única unidad, en cuyo caso el problema que queda por resolver solo es coordinar estos actos con los sentidos y deducir cuándo hacer X en lugar de Y. A medida que los organismos se hacen mayores y pueden realizar más cosas, esta imagen se vuelve cada vez más inexacta. Ignora, para empezar, el problema de cómo un organismo es capaz de hacer X o Y. Introducir una alternativa a la teoría sensorio-motriz fue algo bueno. La denomino teoría del *modelado de la acción* del papel que desempeñaron los sistemas nerviosos antiguos.

Volviendo a la historia, ¿qué aspecto tenían los primeros animales con sistema nervioso? ¿Cómo hemos de imaginar su vida? Todavía no lo sabemos. Gran parte de la investigación en esta área se ha centrado en los *cnidarios*, un grupo de animales que incluye las medusas, las anémonas de mar y los corales. Están muy remotamente emparentados con nosotros, pero no tanto como las esponjas, y poseen un sistema nervioso. Aunque las primeras ramificaciones en el árbol de los animales siguen siendo nebulosas, es común pensar que el animal con el primer sistema nervioso podría haber sido *parecido* a una medusa: algo blando, sin concha ni esqueleto, que probablemente flotaba en el agua. Imagine el lector una bombilla vaporosa en la que se iniciaron por vez primera los ritmos de la actividad nerviosa.

Esto podría haber ocurrido hace unos 700 millones de años. Esta fecha se basa por entero en la certeza genética;

no existen fósiles de animales tan antiguos. Si se observan rocas de esta edad, cabría pensar que todo permanecía tranquilo y silencioso. Sin embargo, la prueba del ADN sugiere con contundencia que muchos de los puntos de ramificación cruciales en la historia de los animales tuvieron que haberse producido por esta época, y esto significa que por aquel entonces los animales estaban haciendo *algo*. La incertidumbre acerca de estos estadios cruciales es frustrante para quien quiera comprender la evolución del cerebro y de la mente. A medida que nos acercamos un poco más al presente, la imagen empieza a aclararse.

EL JARDÍN

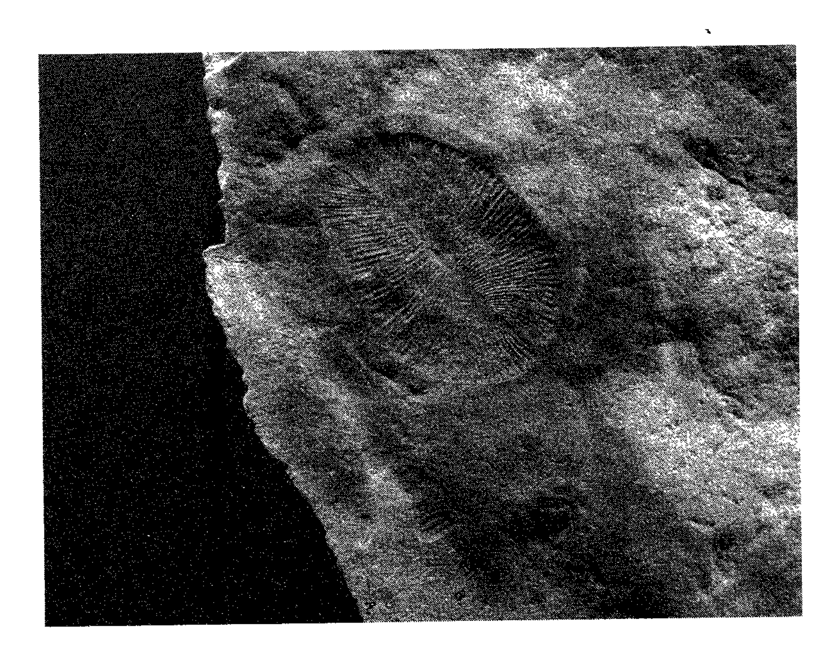
En 1946, un geólogo australiano, Reginald Sprigg, exploraba unas minas abandonadas en el interior de Australia del Sur[18]. Sprigg había sido enviado para descubrir si valdría la pena volver a explotar algunas de las minas. Se hallaba a varios cientos de kilómetros del mar más cercano, en una región remota llamada colinas de Ediacara. Según cuenta la historia, Sprigg estaba almorzando cuando levantó una piedra y vio unos delicados fósiles de medusas. Como geólogo, sabía que las rocas eran tan antiguas que el hallazgo resultaba importante. Sin embargo, no era un buscador profesional de fósiles y, cuando escribió su artículo, pocas personas se lo tomaron en serio. La revista *Nature* lo rechazó y Sprigg fue pasando de revista en revista hasta que su artículo sobre lo que él denominaba «medusas del Cámbrico temprano (?)» apareció en 1947 en las *Transactions of the Royal Society of South Australia* con otros artículos como «Sobre el peso de algunos mamíferos australianos». Al principio, el artículo tuvo una carrera silenciosa y debió transcurrir otra década, aproximadamente,

antes de que alguien comprendiera lo que Sprigg había encontrado.

Por aquella época, los científicos familiarizados con el registro fósil eran muy conscientes de la importancia del periodo Cámbrico, que se inició hace unos 542 millones de años. En la «explosión del Cámbrico» apareció por primera vez una extensa gama de los planes corporales de los animales que conocemos en la actualidad. Los descubrimientos de Sprigg se convirtieron en el primer registro fósil de animales que vivieron antes de dicha época. En 1947 Sprigg no era consciente de ello: dató sus medusas en el Cámbrico temprano. Sin embargo, cuando se encontraron fósiles parecidos en otras localidades de todo el mundo y la gente tomó mejor nota de las medusas de Sprigg, resultó evidente que eran muy anteriores al Cámbrico y que, en la mayoría de los casos, no se trataba de medusas. El periodo de la prehistoria que ahora se denomina Ediacarense (del nombre de las colinas que Sprigg exploraba) se extiende desde los 635 hasta los, aproximadamente, 542 millones de años antes del presente. Con los fósiles del Ediacarense tenemos la primera prueba directa de cómo pudo haber sido la vida de los primerísimos animales: lo grandes y lo numerosos que eran y cómo vivían.

La ciudad importante más cercana a la localidad de Sprigg es Adelaida, donde el Museo de Australia del Sur expone una extensa colección de fósiles ediacarenses. Jim Gehling[19], que conoció a Sprigg y ha trabajado con los fósiles desde 1972, me mostró las piezas. Me sorprendió la abundancia de vida que tenía el ambiente antiguo; el Ediacarense no consistía en unos pocos individuos solitarios. Muchas de las losas de roca que Gehling ha coleccionado contienen docenas de fósiles de diferentes tamaños. Entre los más prominentes está una *Dickinsonia*, que posee bellos segmentos parecidos a franjas y se parece algo a un

nenúfar o a una alfombrilla de baño. (A continuación de este párrafo he incluido una fotografía de una *Dickinsonia* de la colección del Museo de Australia del Sur). Sin embargo, si nos centramos en los fósiles grandes, pasamos por alto la mayor parte de la vida que estaba presente. Varias veces, Gehling se dirigió a lo que parecía un pedazo fragmentario y anodino de una de las rocas y presionó un poco de Silly Putty* sobre él; cuando lo extrajo, la masilla reveló una impresión fina y detallada de un minúsculo animal.

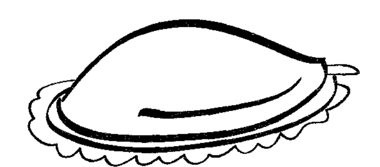


Los animales del Ediacarense no eran diminutos: muchos tenían varios centímetros de longitud y algunos medían hasta un metro. Parece que vivieron en su mayoría sobre el fondo marino, sobre y entre tapetes constituidos por material vivo: terrones de bacterias y otros microbios. Su mundo era una especie de pantano submarino. Tal vez

* Marca comercial de un juguete de masilla de polímeros de silicona *[N. del T.]*.

muchos permanecían inmóviles cuando ya eran adultos, fijados en el fondo. Algunos pudieron haber sido esponjas y corales primitivos. Otros tenían formas corporales que, desde entonces, han sido completamente abandonadas por la evolución: diseños de tres lados y de cuatro lados, algunos con disposiciones acolchadas de frondes parecidos a los de las plantas. Muchos edicarenses parece que vivieron una vida tranquila, con una movilidad muy limitada, en el fondo del mar.

Sin embargo, la prueba a partir del ADN sugiere claramente que en esta época ya había sistemas nerviosos presentes, probablemente en algunos de los animales colgados de la pared en Adelaida. ¿Cuáles? Entre ellos hay algunos animales que parece que se desplazaban de forma activa. El caso más claro es *Kimberella*[20]. Este animal, que he dibujado más abajo, parece que tenía el aspecto de la parte superior de un macarrón, pero de un macarrón oval, con parte anterior y posterior, y quizá con un apéndice en forma de lengua en un extremo. Las pistas que dejaba sugieren que empujaba el sedimento ante sí a medida que se movía y que raspaba las superficies sobre las que se desplazaba, quizá comiendo. A veces se interpreta a *Kimberella* como un molusco, o quizá como un miembro de un linaje evolutivo abandonado cercano a los moluscos. Si *Kimberella* podía reptar, entonces, y sobre todo, puesto que llegaba a alcanzar varios centímetros de longitud, casi con toda seguridad poseía un sistema nervioso.



Kimberella parece el caso más claro de un ediacarense autopropulsado, pero es muy probable que hubiera otros. Cerca de un fósil de *Dickinsonia* se suele encontrar una secuencia de rastros apenas visibles que tienen la misma forma. Parece que el animal se situaba y comía durante un tiempo en un punto y después se desplazaba. Algunas reconstrucciones de escenas del Ediacarense muestran a algunos animales nadando, entre ellos *Spriggina,* que recibió el nombre de Reg, su descubridor, pero Gehling piensa que esta situación hipotética es improbable, porque los fósiles de *Spriggina* siempre se encuentran en la misma posición, cara arriba. Si una *Spriggina* nadaba, entonces, cada vez que un pequeño desastre la mataba, habría tenido alguna probabilidad de caer sobre el fondo del otro lado. De modo que Gehling piensa que *Spriggina*, como *Kimberella*, reptaba.

Algunos biólogos han afirmado que los ediacarenses fueron el resultado de un experimento evolutivo *parecido* al de los animales, pero que no eran propiamente animales. En lugar de hallarse en la rama animal del árbol de la vida, muestran una manera diferente en la que las células pueden unirse para originar un organismo. Aquellas extrañas formas de tres lados y frondes acolchados podrían respaldar dicha teoría. Una interpretación más común consiste en que algunos ediacarenses, como *Kimberella*, eran miembros de grupos animales familiares, mientras que otros fósiles representan desviaciones evolutivas abandonadas, junto con algas antiguas y otros tipos de seres vivos. Sin embargo, un tema que ha aparecido de manera bastante consistente es que el mundo ediacarense era relativamente *pacífico*, un mundo en gran parte sin conflicto ni depredación.

El término «paz» puede no resultar adecuado, pues sugiere una especie de amistad o de tregua. Más bien, lo que parece es que los ediacarenses tuvieron poco que hacer

unos con los otros. Ramoneaban el tapete microbiano, filtraban alimento del agua y, en algunos casos, deambulaban, pero, si tenemos que tomar como guía la evidencia fósil, apenas interactuaban.

Quizá el registro fósil *no* sea una buena guía; en la primera parte de este capítulo comenté que el mundo de los organismos unicelulares parece ahora repleto de interacciones ocultas, mediadas por señales químicas. Lo mismo pudo haber ocurrido en el Ediacarense y este tipo de interacción no dejaría ningún rastro fósil. Y, ciertamente, los ediacarenses competían entre sí en un sentido evolutivo: esto es inevitable en un mundo de organismos que se reproducen. Sin embargo, sí que parece que las formas de interacción más visibles entre un organismo y otro estén ausentes. En particular, no existe evidencia de depredación: no hay restos de animales medio comidos. (Unos pocos fósiles muestran posibles señales de lesiones relacionadas con la depredación en un animal, *Cloudina,* pero incluso dicho caso no está claro). En ningún sentido aquel era un mundo despiadado. Más bien, en una frase que se debe al paleontólogo estadounidense Mark McMenamin, parece que fue «el jardín de Ediacara»[21].

También podemos descubrir algo acerca de la vida en el jardín a partir de los cuerpos de los ediacarenses. Estos organismos no parece que tuvieran órganos de los sentidos grandes y complejos. No hay ojos grandes, ni antenas. Casi con toda seguridad respondían algo a la luz y a las señales químicas, pero hacían poca *inversión,* hasta donde podemos deducir, en este tipo de maquinaria. Tampoco hay garras, ni pinchos, ni conchas: no hay armas, ni escudos con los que librarse de ellas. Parece que su vida no fue conflictiva, ni tuvo una interacción complicada; ciertamente, no produjeron por evolución las herramientas familiares que se utilizan en tales interacciones. Era un jardín de seres rela-

tivamente autosuficientes y tranquilos. Macarrones que pasan y desaparecen.

Esto es completamente distinto de la vida animal actual. Nuestros primos animales están siempre muy alerta en relación con su ambiente; permanecen pendientes de los amigos, los enemigos y de otras múltiples características del paisaje. Lo hacen porque lo que ocurre a su alrededor es *importante;* a menudo es cuestión de vida o muerte. Los organismos del Ediacarense no muestran señales evidentes de esta dedicación continua hacia el ambiente. Si es así, ello hace probable que nuestros antepasados ediacarenses dedicaran su sistema nervioso (cuando lo tenían) a usos diferentes a los que vemos en animales más recientes. En concreto, esta pudo haber sido una época en la que el papel que desempeñaban los sistemas nerviosos de estos organismos encajara con la segunda de las teorías de la evolución del sistema nervioso que indiqué antes, la teoría basada en la coordinación interna y no en el control sensorio-motor. El sistema nervioso tenía la función de producir movimientos, mantener ritmos, arrastrarse y (quizá) nadar. Esto habría incluido una cierta percepción del ambiente, aunque quizá no mucha.

Estas inferencias podrían ser erróneas; quizá se producía una gran cantidad de percepción y de interacción, mediante la utilización de órganos constituidos por materiales blandos que no dejan trazas. Otro asunto que siempre me ha intrigado en las discusiones acerca del pacífico Ediacarense es el papel de las medusas. Los fósiles de Sprigg no eran medusas, como él pensaba, pero se cree que, por esta época, ya las había y que no dejaron casi vestigios. Los cnidarios en general, pero específicamente las medusas, poseen células urticantes y un jardín de medusas capaces de producir picaduras, como insistirá cualquier australiano, está lejos de ser edénico.

Cuando, en 2015, la Royal Society de Londres organizó un congreso[22] sobre animales primitivos y primeros sistemas nerviosos, la edad de los primeros aguijones de las medusas fue un desconcertante tema de discusión. Por lo que parece, el sistema urticante de los cnidarios evolucionó muy pronto: esto lo inferimos a partir del hecho de que la brecha evolutiva entre dos ramas principales de este grupo parece remontarse al Ediacarense, o incluso antes, y los animales de ambos lados de la brecha poseen el mismo tipo de aguijones. Los aguijones de los cnidarios son *armas*. ¿Eran ofensivas o defensivas? Por aquel entonces no existían ni las presas, ni los enemigos de los cnidarios modernos. Así, pues, ¿a quién iban dirigidos los aguijones? No lo sabemos.

Aunque la vida en el Ediacarense no fuera tan pacífica como a veces se ha supuesto, a la vuelta de la esquina aguardaba un mundo muy diferente.

La «explosión del Cámbrico» empezó hace unos 542 millones de años[23]. En una serie de acontecimientos relativamente rápida surgió la mayor parte de las formas animales básicas que vemos en la actualidad. Estas «formas animales básicas» no comprendían a los mamíferos, pero sí a los vertebrados (como peces). También incluían a los artrópodos (animales con un esqueleto externo y patas articuladas, como los trilobites), junto con los gusanos y otros diferentes.

¿Por qué ocurrió entonces y por qué de forma tan rápida? La cadencia oportuna pudo haber tenido que ver con cambios en la química y en el clima de la Tierra. Sin embargo, el mismo proceso pudo haber sido impulsado en gran parte por una especie de retroalimentación evolutiva, debida a interacciones entre los propios organismos. En el Cámbrico, los animales se volvieron *parte de la vida de los demás* de una manera nueva, especialmente mediante la depredación. Esto significa que, cuando una nueva especie

de organismo evoluciona un poco, cambia el ambiente en el que se encuentran otros organismos, que evoluciona en respuesta. Desde el Cámbrico temprano en adelante, hubo de una forma definitiva depredación, además de todo lo que la depredación promueve: seguir pistas, perseguir, defenderse. Cuando las presas empiezan a esconderse o a defenderse, los depredadores mejoran su capacidad de perseguir y dominar, lo que, a su vez, conduce a mejores defensas en el lado de las presas. Ha comenzado una «carrera armamentística». Desde la primera parte del Cámbrico, el registro fósil de cuerpos de animales contiene exactamente lo que *no* se veía en el Edicarense: ojos, antenas y garras. La evolución del sistema nervioso se encaminaba por una senda nueva.

La revolución en el comportamiento que se aprecia en el Cámbrico también tuvo lugar, en gran parte, mediante el despliegue de posibilidades inherentes a un tipo de *cuerpo* particular. Una medusa tiene arriba y abajo, pero no derecha e izquierda. Se dice que posee una simetría radial. Sin embargo, los humanos, los peces, los pulpos, las hormigas y las lombrices de tierra son todos *bilaterales* o animales simétricos bilateralmente. Tenemos delante y detrás, y, por lo tanto, izquierda y derecha, así como arriba y abajo. Los primeros bilaterales, o al menos algunos de ellos que aparecieron muy pronto[24], pudieron haber tenido este aspecto:



He puesto manchas oculares al animal a cada lado de su «cabeza», aunque esto es discutible (y estos ojos están exagerados en la figura, probablemente habrían sido mi-

núsculos). Estoy siendo generoso con los primeros bilaterales.

Se cree que algunos animales ediacarenses eran bilaterales, incluida *Kimberella,* dibujada hace algunas páginas. Si *Kimberella* era un bilateral, entonces los bilaterales antes del Cámbrico ya vivían una vida algo más activa que otros animales. Sin embargo, en el Cámbrico fueron imparables. El plan bilateral del cuerpo conduce a la movilidad (andar es una cosa muy bilateral) y resulta que este plan corporal es afín a muchos tipos de comportamiento complejo. La diversificación y enmarañamiento de seres vivos que tuvo lugar en el Cámbrico fue obra principalmente de los bilaterales.

Antes de proseguir en el mundo de la evolución de los bilaterales, hagamos una pausa y preguntemos: ¿qué animal produce el comportamiento más complejo, cuál es el más listo, *sin* un plan corporal bilateral? Preguntas como estas son muy difíciles de contestar de una manera no sesgada, pero en este caso la respuesta resulta clara: los animales no bilaterales más complejos desde el punto de vista del comportamiento son las (terroríficas) cubomedusas, los cubozoos[25].

Con su cuerpo blando y su registro fósil escaso, es difícil descubrir cuándo evolucionaron los diferentes tipos de medusas, pero se cree que los cubozoos son recién llegados, que se originaron en el Cámbrico o en época posterior. Un rasgo general de los cnidarios, como indiqué anteriormente, son sus células urticantes. Algunos cubozoos poseen un veneno realmente dañino en su aguijones, lo bastante fuerte para haber matado a un gran número de humanos. En Australia nororiental, la presencia de cubomedusas vacía completamente las playas cada verano; durante una buena parte del año, es demasiado peligroso nadar lejos de la costa, excepto en áreas cerradas median-

te redes. Para complicarlo todavía más todo, estas medusas son invisibles en el agua. Además, poseen el comportamiento más complejo de cualquier no bilateral. Alrededor de la parte superior de su cuerpo hay dos docenas de ojos con una estructura sofisticada: ojos con lentes y retinas, como los nuestros. Los cubozoos pueden nadar a unos tres nudos de velocidad y algunos hasta navegar utilizando hitos externos en la costa. Las cubomedusas, la cima del comportamiento letal de la evolución de los no bilaterales, constituyen también el producto del nuevo mundo que se inició en el Cámbrico.

SENTIDOS

El sistema nervioso apareció por evolución antes que el plan corporal bilateral, pero este cuerpo creó enormes y nuevas posibilidades para su uso. Durante el Cámbrico, las relaciones entre un animal y otro se convirtieron en un factor más importante en la vida de cada uno de ellos. El comportamiento se hizo *dirigido* a otros animales: observarlos, apoderarse de ellos y evitarlos. Desde muy temprano en el Cámbrico vemos fósiles que exhiben la maquinaria de estas interacciones: ojos, garras, antenas. Estos animales tienen asimismo marcas evidentes de movilidad: patas y aletas. Patas y aletas no muestran necesariamente que un animal interactuara con otros. Las garras, en cambio, presentan poca ambigüedad.

En el Ediacarense, otros animales podían encontrarse en las inmediaciones, sin ser especialmente relevantes. En el Cámbrico, cada animal se convierte en una parte importante del ambiente de los demás. Este enmarañamiento de una vida en otra, y sus consecuencias evolutivas, se debe al comportamiento y a los mecanismos que lo con-

trolan. *Desde este punto en adelante, la mente evolucionó en respuesta a otras mentes.*

Cuando digo esto, el lector puede replicar que el término «mente» está fuera de lugar. En este capítulo, no discutiré esto. Muy bien. Lo que *sí* que ocurre, sin embargo, es que los sentidos, el sistema nervioso y el comportamiento de cada animal empezaron a evolucionar en respuesta a los sentidos, al sistema nervioso y al comportamiento de los demás. Las acciones de un animal crearon oportunidades para otros y exigencias en otros. Si un *anomalocárido* de un metro de largo desciende rápido hacia nosotros, como una gigantesca cucaracha depredadora con dos apéndices prensiles en su cabeza, abiertos y preparados, viene muy bien *saber*, de alguna manera, que esto está ocurriendo, y emprender una acción evasiva.

Los sentidos pudieron haber sido cruciales para el Cámbrico: los organismos se abrieron al mundo y especialmente unos a otros. Parece que fue entonces cuando aparecieron los primeros ojos complejos, ojos que pueden formar una imagen[26]. El Cámbrico fue testigo de la aparición tanto de los *ojos compuestos* que vemos en la actualidad en los insectos como de los *ojos de cámara* como los nuestros. Imagine el lector las consecuencias de comportamiento y evolutivas de ser capaz de ver, por primera vez, los objetos que nos rodean, especialmente objetos a una cierta distancia y en movimiento. El biólogo Andrew Parker ha aventurado que la invención de los ojos fue *el* acontecimiento decisivo del Cámbrico. Otros han desarrollado teorías más amplias, pero del mismo tenor. Tal como lo plantean el paleontólogo Roy Plotnik y sus colegas, el resultado de esta abertura sensorial constituyó una «revolución de la información en el Cámbrico». Con una entrada de información sensorial llega una necesidad de procesamiento interno complejo. Cuando se saben más cosas, las decisio-

nes se tornan más complicadas. (¿Tiene el anomalocárido más probabilidades de interceptarme si huyo hasta este agujero o hasta aquel otro?). Un ojo formador de imágenes hace posible acciones que serían impensables sin él.

Jim Gehling, mi guía del Ediacarense, y el paleontólogo inglés Graham Budd han presentado situaciones hipotéticas de cómo se produjo el proceso de retroalimentación que genera dichos cambios. Hacia el final del Ediacarense, Gehling sospecha que surgió el carroñeo, seguido de la depredación. Los animales pasaron de comer a base de tapetes microbianos a comer animales muertos y, después, empezaron a cazar a los vivos. Tal como lo ve Budd[27], el propio comportamiento animal modificó la manera en que se distribuían los recursos en el Ediacarense. Imagine el lector un mundo con tapetes microbianos comestibles que se extienden frente a él como un prado pantanoso infinito. Apacentadores de movimientos lentos vagan sobre los tapetes consumiendo este recurso relativamente uniforme. Otros animales se alimentan sin moverse. Entonces estos animales *se convierten* en un nuevo tipo de recurso; son grandes concentraciones de nutritivos compuestos de carbono. Ahora la nutrición se halla menos esparcida que antes. Se encuentra en manchas. Quizá estos animales solo pudieron haber sido consumidos primero por otros después de morir. Sin embargo, esto cambió pronto. El carroñeo se convirtió en depredación.

Si se toma el registro fósil al pie de la letra, parece que un grupo marcó el paso: los *artrópodos*. En la actualidad este grupo incluye los insectos, cangrejos y arañas. A principios del Cámbrico vemos el auge de los *trilobites,* que son artrópodos prototípicos con caparazón, patas articuladas y ojos compuestos. En la fotografía del fósil de *Dickinsonia* de la página 44, el lector encontrará dos fósiles mucho más pequeños justo debajo de aquel, sobre

las letras «A» y «B». Dichos animales solo tienen milímetros de longitud y Gehling piensa que podrían ser precursores de los trilobites: todavía de cuerpo blando, pero con atisbos de un diseño de trilobites. En esta fotografía, *Dickinsonia* aparece con su clásico aspecto ediacarense, sin patas, cabeza, ni protección aparentes, al tiempo que hay pequeños bichos que merodean debajo. La imagen me recuerda un dibujo de un libro sobre los dinosaurios y su declive que yo tenía cuando era niño. Un enorme dinosaurio destacaba sobre unos pocos mamíferos pequeños y de aspecto travieso, animales con aspecto de musaraña, que se hallaban a sus pies. Creo recordar que estaban pendientes de una puesta de huevos de dinosaurios. Los precursores de los trilobites parecen estar decididos a conseguir un objetivo similar, mientras la *Dickinsonia* con aspecto de nenúfar y de alfombrilla de baño se encuentra distraída arriba.

Michael Trestman, otro filósofo[28], ha ofrecido una interesante manera de contemplar a todos estos animales. Consideremos, dice, la categoría de animales que tienen *cuerpos activos complejos*. Son animales que pueden moverse rápidamente y agarrar y manipular objetos. Su cuerpo tiene apéndices capaces de moverse en muchas direcciones y poseen sentidos, como ojos, que permiten ver objetos distantes. Trestman dice que solo tres de los principales grupos animales produjeron algunas especies con cuerpos activos complejos (CAC). Dichos grupos son los artrópodos, los *cordados* (animales como nosotros, con un cordón nervioso a lo largo del dorso) y un grupo de moluscos: los cefalópodos. Podría parecer que este trío constituye una categoría grande, porque son los tipos de animales que tienden a venirnos a la mente, pero se trata de un grupo pequeño en muchos aspectos. Existen unos 34 *tipos* (planes corporales básicos) de animales. Solo tres tipos contienen

algunos animales con CAC y, en uno de ellos, los moluscos, los únicos animales que cuentan son los cefalópodos.

Sentadas estas fases antiguas del relato histórico, volveré a la división entre las dos teorías del sistema nervioso y de su evolución: las teorías sensorio-motriz y de modelado de la acción. Anteriormente introduje la distinción, ligándola a los dos papeles que las señales tienen en la vida social (sacristán y Revere, frente al bote de remos), y señalé que los dos papeles son diferentes, pero también compatibles. ¿Cuál podría ser la importancia histórica de dicha división? ¿Puede la distinción encajarse de alguna manera natural en el transcurso de milenios desde el Ediacarense hasta el Cámbrico y hasta épocas más recientes? Parece posible que se hubiera producido un cambio en el papel que desempeñaba el sistema nervioso. Aunque seguir los acontecimientos en el mundo exterior podría ser algo que siempre valiera la pena en cierta medida, el Cámbrico asiste a un gran aumento en la importancia de este lado de la vida. Hay más cosas que vale la pena ver y más que hay que hacer en respuesta a lo que se ve. No prestar atención, por primera vez, equivale a ser comido por el anomalocárido que se abalanza sobre su presa. Así, quizá los primeros sistemas nerviosos sirvieron ante todo para coordinar acciones: primero para animar el cuerpo de un antiguo cnidario, después para modelar las acciones de los ediacarenses. Aunque, si existió tal era, cuando llegó el Cámbrico ya había terminado.

Sin embargo, esta es una posibilidad entre muchas y nuestra imaginación, moldeada por la vida vivida en cuerpos modernos, subestima la gama de opciones. Las posibilidades abundan. He aquí una que han desarrollado el biólogo Detlev Arendt y sus colegas[29]. Tal como ellos lo ven, el sistema nervioso se originó dos veces; pero no quieren decir que se desarrolló por evolución en dos tipos de

animales: en lugar de ello, se originó dos veces en los *mismos* animales, en lugares diferentes del cuerpo del animal. Imagine el lector un animal parecido a una medusa, con forma de cúpula, con una boca debajo. Un sistema nervioso evoluciona en la parte superior y capta la luz, pero no es una guía para la acción. En cambio, utiliza la luz para controlar ritmos corporales y para regular hormonas. Otro sistema nervioso surge por evolución para controlar el movimiento, inicialmente solo el de la boca. Y, en algún estadio, los dos sistemas empiezan a moverse dentro del cuerpo y llegan a establecer nuevas relaciones mutuas. Arendt considera que este es uno de los acontecimientos cruciales que hizo que los bilaterales avanzaran en el Cámbrico. Una parte del sistema de control del cuerpo se desplazó hacia la parte superior del animal, donde residía el sistema sensible a la luz. De nuevo, este sistema sensible a la luz solo guiaba cambios químicos y ciclos, no el comportamiento. Aun así, la unión de los dos sistemas nerviosos les confirió un nuevo papel.

¡Qué imagen más asombrosa!: en un largo proceso evolutivo, un cerebro que controla el movimiento se desplaza hacia la parte superior de la cabeza para encontrarse allí con algunos órganos sensibles a la luz, que se convierten en ojos.

LA BIFURCACIÓN

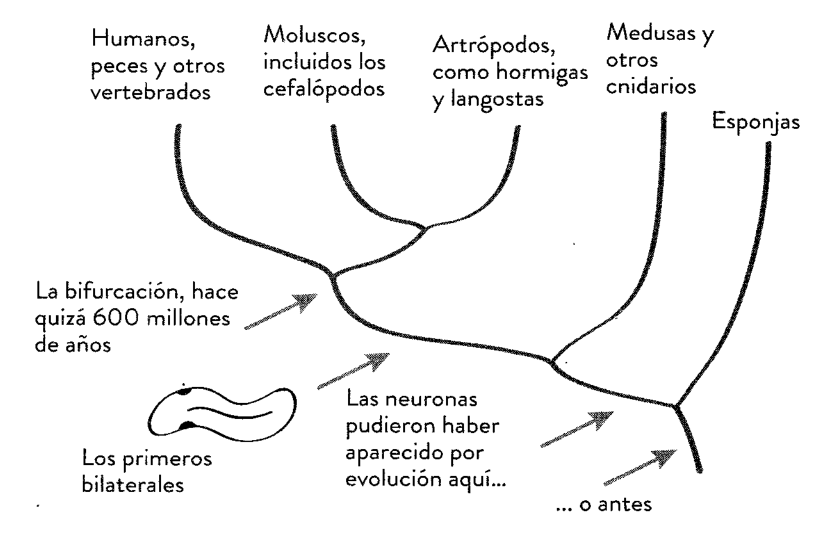
El plan bilateral del cuerpo surgió antes del Cámbrico, en alguna forma pequeña y común, pero se convirtió en el andamio corporal sobre el que se estableció una larga serie de aumentos de la complejidad del comportamiento. Los primeros bilaterales tienen también otro papel en este libro. Poco después de que aparecieran, tal vez todavía en el

Ediacarense, hubo una ramificación, una de las incontables bifurcaciones evolutivas que tienen lugar a medida que transcurren los milenios. Una población de estos animales se escindió en dos. Los animales que inicialmente vagaron siguiendo las dos sendas podían haber tenido el aspecto de pequeños gusanos planos. Poseían neuronas y quizá ojos muy simples, pero nada de la complejidad que iba a venir. Su escala se medía quizá en milímetros.

Después de esta división inocua, los animales de cada lado divergieron y cada uno de ellos se convirtió en el ancestro de una rama enorme y persistente del árbol de la vida. Un lado condujo a un grupo en el que se incluyen los vertebrados, junto con algunos compañeros sorprendentes como las estrellas de mar, mientras que el segundo lado condujo a una enorme gama de otros animales invertebrados. El punto inmediatamente antes de la división es el último en el que la historia evolutiva es *compartida* entre nosotros y el gran grupo de invertebrados que incluye escarabajos, langostas, babosas, hormigas y polillas.

El siguiente esquema ilustra esta parte del árbol de la vida[30]. En la imagen se han omitido muchísimos grupos, tanto en el interior como en el exterior de las ramas que se muestran. El momento del que estamos hablando corresponde al que lleva la leyenda «la bifurcación».

En cada ruta corriente abajo de la bifurcación se produjeron más ramificaciones. A un lado aparecen finalmente los peces, después los dinosaurios y, con posterioridad, los mamíferos. Este es nuestro lado. En el otro, más bifurcaciones originan los artrópodos, los moluscos y otros grupos. En *ambos* lados, en el paso del Ediacarense al Cámbrico y más allá, las vidas se enmarañan, los sentidos se abren y los sistemas nerviosos se expanden. Hasta que, en un minúsculo ejemplo de este enmarañamiento senso-



rial y de comportamiento, un animal enfundado en neopreno y un cefalópodo que cambia de color se encuentran cara a cara en el océano Pacífico.

3
MALIGNIDAD Y ASTUCIA

La malignidad y la astucia se
nos han mostrado como las
características de este animal.

CLAUDIO ELIANO,
siglo III d. de C., a propósito del pulpo[1]

EN UN JARDÍN DE ESPONJAS

Alguien me está observando, atentamente, pero no puedo verlo. Entonces me doy cuenta, atraído de alguna manera por sus ojos.

Me encuentro en medio de un jardín de esponjas, sobre un fondo marino alfombrado con grumos con aspecto de arbustos de esponjas de color naranja vivo. Enredado en una de estas esponjas y en el alga verde grisácea que la rodea, hay un animal del tamaño aproximado de un gato. Sin embargo, su cuerpo parece estar en todos lados y en ninguno. Gran parte del animal parece no tener una forma definida. Solo puedo reparar en una cabeza pequeña y en los dos ojos. A medida que me abro paso alrededor de la esponja, lo mismo hacen estos ojos: mantienen su distancia, mantienen un lado de la esponja entre los dos. Su color casa (exacta, perfectamente) con el del alga que la rodea, excepto que parte de su piel está plegada en minúsculos picos en forma de torre y que la punta de estos picos hace juego (casi con la misma exactitud) con el color naranja de la esponja. Sigo rodeando su lado de la esponja y, al final, el animal levanta su cabeza y sale disparado mediante propulsión a chorro.

Un segundo encuentro con un pulpo; este se halla en una madriguera. Frente a la misma hay conchas dispuestas con algunos fragmentos de vidrio viejo. Me detengo frente a su casa y los dos nos miramos. Este es pequeño, del tamaño aproximado de una pelota de tenis. Extiendo una mano y un dedo de la misma y un brazo del pulpo se desenrosca lentamente y sale para tocarme. Las ventosas se fijan sobre mi piel y el agarre es desconcertantemente fuerte. Una vez que ha fijado las ventosas, tira de mi dedo, lo que consigue que me acerque lentamente. El brazo está repleto de sensores, hay cientos de ellos en cada una de las docenas de ventosas. Está *probando* mi dedo al tiempo que tira de él. El brazo se encuentra lleno de neuronas, un nido de actividad nerviosa. Detrás del brazo, grandes ojos redondos me observan durante todo el rato. A cientos de millones de años de distancia de los acontecimientos del capítulo 2, este es un lugar en el que la evolución de los animales ha desembarcado.

EVOLUCIÓN DE LOS CEFALÓPODOS

Los pulpos y otros cefalópodos son *moluscos*[2]: pertenecen a un gran grupo de animales que también incluye las almejas, las ostras y los caracoles. Así pues, parte de la historia del pulpo es la historia evolutiva de los moluscos. En el capítulo anterior llegamos al Cámbrico, el periodo de la historia de la vida en el que en el registro fósil aparece una gran variedad de planes corporales animales. Muchos de estos grupos animales, incluidos los moluscos, han de ser anteriores al Cámbrico, pero en el Cámbrico los moluscos se hacen patentes debido a su concha.

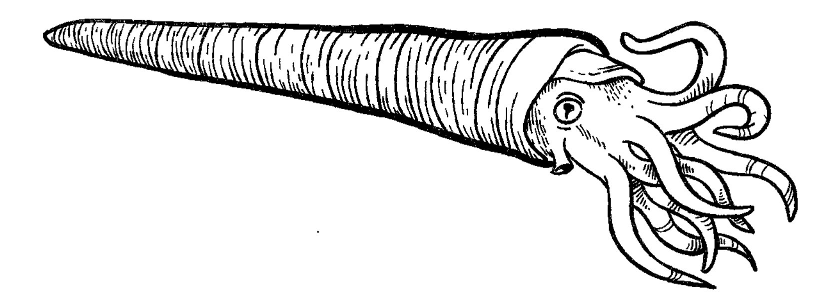
La concha fue la respuesta de los moluscos a lo que parece un cambio abrupto en la vida de los animales: la invención

de la depredación. Hay varias maneras de habérselas con el hecho de que uno se vea rodeado de pronto por animales que pueden ver y que querrían comerte, pero una de ellas, una especialidad de los moluscos, es generar una concha dura y vivir dentro de ella o bajo ella. El linaje de los cefalópodos se remonta probablemente a un molusco primitivo de este tipo[3], que se arrastraba sobre el fondo del mar bajo una concha dura y puntiaguda como una caperuza. Este animal se parecía un poco a una lapa, uno de estos mariscos sencillos que se fija a las rocas en las charcas de marea actuales. La caperuza creció, como si de la nariz de Pinocho se tratara, a lo largo del tiempo evolutivo y fue adoptando lentamente la forma de un cuerno. Estos animales eran pequeños: el «cuerno» tenía menos de dos centímetros de longitud. Bajo la concha, como con los demás moluscos, un «pie» muscular anclaba al animal y le permitía arrastrarse por el fondo marino.

Después, en una fase posterior del Cámbrico, algunos de estos animales se subieron desde el fondo marino y penetraron en la columna de agua. En la tierra emergida, no ès posible para un animal elevarse en el aire sin hacer esfuerzos[4]; tal movimiento exige tener alas o algo parecido. En el mar es fácil alzarse desde el fondo, ser arrastrado y ver adónde se acaba llegando.

Una concha protectora dirigida hacia arriba puede transformarse en un dispositivo de flotabilidad si se llena con gas. Parece que los primeros cefalópodos llevaron a cabo precisamente esto. Hacer que la concha flotara pudo haber facilitado en un principio una manera más fácil de arrastrarse y muchos de los antiguos cefalópodos pudieron haber reptado y nadado de forma parcial sobre el fondo del mar. Sin embargo, algunos subieron más y arriba encontraron todo un mundo de oportunidades. Una pequeña cantidad de gas, retenido dentro de la concha, transformará a una lapa en un dirigible.

Una vez que se está a flote, el «pie» carece de utilidad para arrastrarse, de modo que los cefalópodos-dirigibles inventaron la propulsión a chorro y controlaron la dirección del agua a través de un *sifón* tubular que podía apuntar en distintas direcciones. El propio pie quedó liberado para coger y manipular objetos y parte del mismo floreció en un grupo de tentáculos. Aunque hablar de «florecer» les habría parecido inadecuado a los animales que se hallaban en el otro extremo de estos tentáculos (los animales que eran agarrados), pues de algunos de los tentáculos surgían docenas de ganchos aguzados. La oportunidad que los cefalópodos aprovecharon al elevarse en la columna de agua era la de alimentarse de otros animales, de convertirse ellos mismos en depredadores. Y esto lo hicieron con un gran entusiasmo evolutivo. Aparecieron muchas formas, con conchas rectas y arrolladas y los mayores alcanzaron tamaños de cinco metros e incluso más. A partir de un inicio como lapas diminutas, los cefalópodos se habían convertido en los depredadores más temibles del mar.



Así como había dirigibles, probablemente también existió una gama de cefalópodos aerodeslizadores y de tanques sobre el fondo marino: algunas de las conchas de esta época parecen demasiado poco manejables para llevarlas en aguas abiertas. Todos estos animales están ahora extingui-

dos, con una excepción no temible: el nautilo. Muchas de las pérdidas tuvieron lugar como parte de las extinciones en masa que interrumpieron la historia de la vida, pero también es probable que algunos de los cefalópodos depredadores perdieran lentamente en competencia con los peces, a medida que estos últimos se hicieron más grandes y estuvieron mejor armados. Los dirigibles fueron desafiados y, al final, vencidos por los aviones.

El nautilo, sin embargo, se salvó de la derrota[5]. Nadie sabe por qué. Al principio de este libro cité un mito de creación hawaiano que considera que el pulpo se convirtió en el «único superviviente» de un mundo anterior. El superviviente real es, en efecto, un cefalópodo, pero se trata del nautilo, no del pulpo. Los nautilos actuales viven todavía en el océano Pacífico y han cambiado poco durante los últimos 200 millones de años. Viven en conchas arrolladas y ahora son carroñeros. Tienen ojos simples y un grupo de tentáculos y se mueven arriba y abajo, desde el mar profundo hasta el agua más somera, en un ritmo que todavía no se ha terminado de estudiar del todo. Parece que se encuentran en aguas más superficiales de noche y más profundas de día.

Se habría de producir otro cambio en la evolución del cuerpo de los cefalópodos. En algún momento anterior a la era de los dinosaurios, según se cree, algunos cefalópodos empezaron a abandonar su concha. Los revestimientos protectores que se habían convertido en dispositivos de flotabilidad se abandonaron, se redujeron o se internalizaron. Esto permitió más libertad de movimientos, pero al precio de provocar un gran aumento de la vulnerabilidad. Parece que fue algo muy arriesgado, pero este camino se recorrió varias veces. Se desconoce el último antepasado común de los cefalópodos «modernos», pero en alguna fase el linaje se dividió en dos ramas principales: un grupo de ocho brazos en el que se incluyen los pulpos y un grupo

de diez brazos que incluye las jibias y los calamares. Estos animales redujeron su concha de maneras diferentes. En las jibias se conservó una concha en el interior, que todavía ayuda a que los animales tengan una flotabilidad neutra. En los calamares, se mantiene una estructura interna en forma de espada llamada «pluma». Los pulpos han perdido totalmente su concha. Muchos cefalópodos empezaron a vivir como animales de cuerpo blando, desprotegidos, en arrecifes de mares someros.

El fósil de pulpo más antiguo *posible* tiene una datación estimada de 290 millones de años[6]. Destaco la incertidumbre: solo es un espécimen y poco más que un borrón sobre una roca. Después de este se produce un hiato en el registro y, luego, alrededor de unos 164 millones de años antes del presente, existe un caso más claro: un fósil que presenta el aspecto innegable de un pulpo, con ocho brazos y una postura parecida a la de un pulpo. El registro fósil de los pulpos sigue siendo muy breve porque no se conservan bien. Sin embargo, en algún estadio se difundieron; en la actualidad se conocen unas 300 especies, que incluyen formas tanto del mar profundo como otras que viven en arrecifes superficiales. Su tamaño oscila entre los que no alcanzan más que dos centímetros de longitud y el pulpo gigante del Pacífico, que pesa hasta 45 kilogramos y posee una envergadura de seis metros desde la punta de un brazo hasta la del otro.

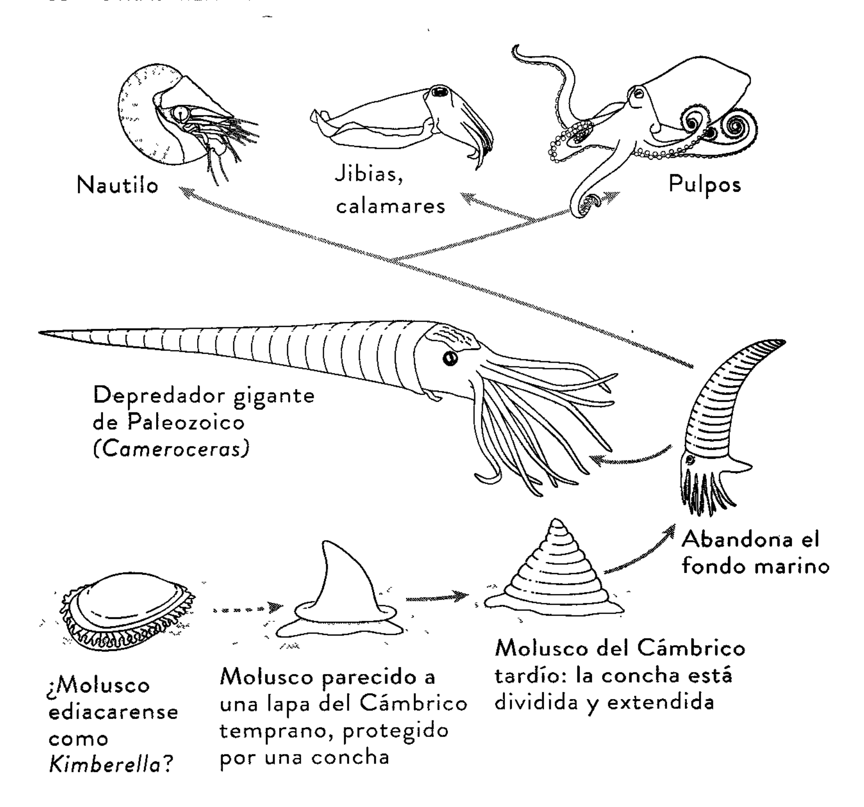
Este es el viaje del cuerpo de los cefalópodos, una senda desde el macarrón ediacarense hasta el aerodeslizador y el dirigible depredadores, pasando por el marisco en forma de lapa. Después se abandona el impedimento de la concha externa, cuando esta introduce en el cuerpo o, en un pulpo, se pierde por completo. Con este paso, el pulpo abandona casi toda forma definida.

Renunciar de forma definitiva tanto al esqueleto como a la concha constituye un paso evolutivo insólito para un

animal de este tamaño y complejidad. Un pulpo prácticamente no tiene partes duras (sus ojos y el pico son las más grandes) y, a consecuencia de ello, puede introducirse a través de un agujero del tamaño aproximado de su ojo y transformar la forma de su cuerpo de manera casi indefinida. La evolución de los cefalópodos produjo, en el pulpo, un cuerpo pleno de posibilidades.

Durante el tiempo en que estaba escribiendo una versión previa de este capítulo, pasé unos cuantos días observando un par de pulpos en los bajíos rocosos. Los vi aparearse una vez y, después, según parecía, pasaron buena parte de la tarde siguiente quietos. La hembra se desplazó un poco, pero volvió a su cubil cuando el sol bajó. El macho había pasado el día en un lugar más expuesto, a menos de medio metro del cubil de la hembra. Allí se encontraba cuando la hembra retornó.

Los observé, a ratos, durante dos tardes; después vinieron tormentas. Vientos de cien kilómetros por hora azotaron la costa y el oleaje procedía del sur. La bahía en la que viven los pulpos posee una cierta protección ante estas arremetidas, pero no mucha. Las olas barrían la entrada y transformaban el agua en una hirviente sopa blanca. La costa fue batida por aquellas tormentas durante los cuatro días siguientes. ¿Adónde van los pulpos cuando las olas golpean sus rocas? Era imposible entrar en el agua para verlo. Las jibias no tienen problemas. Desaparecen durante semanas cuando hay mal tiempo. Disparan su propulsión a chorro y se desplazan hasta algún lugar más profundo y desconocido. Quizá los pulpos también se dirigen mar adentro, aunque es más probable que se introduzcan en una grieta y que aguarden allí, durante días seguidos, recordando a sus antepasados que se agarraban a las rocas desde el interior de conchas en forma de caperuzas.



Evolución de los cefalópodos. La figura no está a escala (ni mucho menos) y tampoco representa relaciones filogenéticas reales entre las especies. Muestra una secuencia cronológica de formas que se ven en la evolución de los cefalópodos desde hace más de 500 millones de años hasta el presente, con algunas de la ramificaciones más importantes marcadas a lo largo del camino. He incluido la polémica *Kimberella* como un posible estadio inicial. El marisco parecido a una lapa con caperuza es un monoplacóforo. El siguiente animal, con una concha dividida en compartimentos, se asemeja a la *Tannuella*. Parece que las opiniones están divididas entre si el siguiente del linaje, *Plectronoceras*, se había elevado del fondo marino o todavía se desplazaba sobre este, pero dicho animal se suele considerar como el primer cefalópodo «verdadero», debido a varias características internas. *Cameroceras* es el gigante de los grandes cefalópodos depredadores, cuya longitud, según estimaciones conservadoras, llegaba a los cinco metros y medio. Los pulpos y los calamares descienden de cefalópodos desconocidos que perdieron su concha externa y que, en la actualidad, están extinguidos, a diferencia del nautilo, que conservó su concha y todavía vive.

ENIGMAS DE LA INTELIGENCIA DE LOS PULPOS

A medida que el cuerpo de los cefalópodos evolucionaba hasta las formas actuales, tuvo lugar otra transformación: algunos cefalópodos se volvieron inteligentes[7].

«Inteligente» es un término polémico, de modo que usémoslo con precaución. En primer lugar, estos animales desarrollaron un sistema nervioso grande, incluido un cerebro grande. ¿En qué sentido? Un pulpo común *(Octopus vulgaris)* tiene en su cuerpo unos 500 millones de neuronas[8]. Son muchas, se considere como se considere. Los humanos poseen muchas más (alrededor de 100.000 millones), pero los pulpos se encuentran en el mismo rango que varios mamíferos más pequeños (cerca de los perros) y los cefalópodos presentan un sistema nervioso mucho mayor que todos los demás invertebrados.

El tamaño absoluto es importante, pero por lo general se considera que aporta menos información que el tamaño relativo: el tamaño del cerebro como una fracción del tamaño del cuerpo. Esto nos dice cuánto esta «invirtiendo» un animal en su cerebro. Esta comparación se hace por peso y solo cuenta las neuronas del cerebro. Los pulpos también puntúan alto en esta medida, aproximadamente en el rango de los vertebrados, aunque no tanto como los mamíferos. Sin embargo, los biólogos consideran que todas las estimaciones de tamaño son solo una guía muy aproximada de la *capacidad* mental [o cerebral] de la que dispone un animal. Algunos cerebros se organizan de manera distinta a otros, con más o menos sinapsis que, a su vez, pueden ser más o menos complicadas. El hallazgo más sorprendente en las investigaciones recientes sobre la inteligencia animal es lo listas que son algunas aves, en especial los loros y los cuervos[9]. Las aves poseen un cerebro relativamente pequeño en términos absolutos, pero este es muy potente.

Cuando intentamos comparar la capacidad mental de un animal con la de otro, también tropezamos con el hecho de que no existe una única escala según la cual la inteligencia pueda medirse de forma razonable. Diferentes animales son buenos a la hora de realizar cosas distintas, lo que tiene sentido dado que viven vidas dispares. Puede hacerse una analogía con los juegos de herramientas: el cerebro es como un juego de herramientas para el control del comportamiento. Al igual que ocurre con los juegos de herramientas humanos, hay algunos elementos en común en muchos oficios, pero también mucha variedad. Todos los juegos de herramientas que se encuentran en los animales incluyen algún tipo de percepción, aunque diferentes animales tienen distintas maneras de incorporar información. Todos (o casi todos) los animales bilaterales poseen alguna forma de memoria y medios para aprender que permiten que experiencias del pasado puedan aplicarse al presente. A veces el juego de herramientas incluye capacidades para resolver problemas y planificar. Algunos juegos de herramientas son más complejos y costosos que otros, pero pueden ser sofisticados de maneras dispares. Un animal puede tener mejores sentidos y otro realizar un aprendizaje más elaborado. Los distintos juegos de herramientas corresponden a diferentes maneras de ganarse la vida.

Cuando se comparan los cefalópodos con los mamíferos, las dificultades parecen grandes. Los pulpos y otros cefalópodos tienen ojos excepcionalmente buenos y, además, estructurados según el mismo diseño general que los nuestros. Dos experimentos en la evolución de un sistema nervioso grande terminaron en maneras similares de ver. Sin embargo, el sistema nervioso que hay tras dichos ojos se organiza de manera muy diferente. Cuando los biólogos consideran un ave, un mamífero, incluso un pez, pueden cartografiar muchas partes del cerebro de un animal en el de otro[10].

Todos los cerebros de los vertebrados poseen una arquitectura común. Cuando el cerebro de un vertebrado se compara con el de los pulpos, todo puede ocurrir. No existe una correspondencia de una parte a otra entre las diferentes partes de su cerebro y las del nuestro. De hecho, los pulpos ni siquiera han agrupado la mayoría de sus neuronas dentro de su cerebro; la mayoría de las neuronas se encuentran en sus brazos. Visto todo esto, la manera de deducir lo listos que son los pulpos es observar qué pueden *hacer*.

Y aquí pronto encontramos enigmas. Quizá el meollo de la cuestión radique, por un lado, en una discordancia entre los resultados de los experimentos de laboratorio sobre aprendizaje e inteligencia y, por otro, en una serie de anécdotas y de informes únicos. Discordancias como estas parecen comunes en el mundo de la psicología animal, pero se acentúan de un modo especial en el caso de los pulpos.

Cuando se les somete a pruebas en el laboratorio, los pulpos se han desenvuelto relativamente bien, sin demostrar que fueran Einsteins[11]. Pueden aprender a abrirse camino en laberintos simples; utilizar señales visuales para determinar en cuál de dos posibles ambientes se les ha colocado y, después, tomar la ruta correcta hasta un objetivo para dicho ambiente; aprender a desenroscar la tapa de un tarro para obtener la comida que hay dentro de él. Sin embargo, los pulpos aprenden lentamente en todos estos contextos. Cuando leemos la letra pequeña de un experimento «con éxito», a menudo el progreso parece desesperadamente lento. Aun así, frente a estos antecedentes se producen anécdotas que sugieren que quizá pudieran estar ocurriendo muchas más cosas. Lo que más me intriga es la capacidad de los pulpos para adaptarse a circunstancias nuevas e insólitas (el confinamiento en un laboratorio) y hacer que los aparatos que los rodean sirvan a sus propios propósitos de pulpo.

Gran parte de las primeras investigaciones sobre los pulpos se hizo en Italia, en la Stazione Zoologica di Napoli, a mediados del siglo xx. Peter Dews era un científico de Harvard cuyo trabajo estaba enfocado sobre todo hacia la interacción entre los medicamentos y el comportamiento[12]. Sin embargo, tenía un interés general por el aprendizaje y sus experimentos con pulpos no incluyeron ninguna sustancia química. Dews se hallaba bajo la influencia de B. F. Skinner, su colega de Harvard, cuyas investigaciones sobre el «condicionamiento operante» (el aprendizaje del comportamiento mediante castigo y recompensa) habían revolucionado la psicología. La idea de que los comportamientos que tienen éxito se repetirán y de que los que no lo tienen se abandonarán había sido ya propuesta por Edward Thorndike hacia 1900, pero Skinner la desarrolló de forma mucho más precisa. Dews, como muchos otros, se inspiró en la manera en que Skinner pudo hacer que los experimentos con animales fueran rigurosos y exactos.

En 1959, Dews aplicó a los pulpos algunos experimentos habituales sobre el aprendizaje y el refuerzo. Los pulpos pueden estar remotamente emparentados con vertebrados como nosotros, pero ¿aprenden de maneras parecidas? Por ejemplo, ¿pueden aprender que tirar de una palanca y soltarla les proporcionará una recompensa y llegar a realizarlo de forma voluntaria?

Di por vez primera con el trabajo de Dews a través de una breve mención de su experimento en el libro de Roger Hanlon y John Messenger, *Cephalopod Behaviour*. Hanlon y Messenger comentan que tirar de una palanca y soltarla es seguramente algo que un pulpo nunca haría en el mar y dicen que el experimento de Dews no tuvo éxito. Sin embargo, yo sentía curiosidad por saber cómo había sucedido todo, de modo que leí el artículo de 1959. Lo primero que advertí es que el experimento *tuvo* éxito con res-

pecto a sus objetivos principales. Dews adiestró a tres pulpos y encontró que los tres aprendieron a accionar la palanca para obtener comida. Cuando tiraban de la palanca, se encendía una luz y se les daba un pequeño pedazo de sardina como recompensa. Dos de los pulpos, llamados Albert y Bertram, lo hicieron de una manera «razonablemente consistente», decía Dews. El comportamiento del tercer pulpo, llamado Charles, resultó diferente. Aunque Charles superaba la prueba de una manera mínima, su manejo de la situación sintetiza gran parte del relato del comportamiento de los pulpos. Dews escribió:

> 1. Aunque Albert y Bertram accionaban con suavidad la palanca mientras flotaban libremente, Charles fijaba varios tentáculos al lado del tanque y otros alrededor de la palanca y aplicaba gran fuerza. La palanca se torció varias veces y al undécimo día se rompió, lo que condujo a que el experimento tuviera que acabar de un modo prematuro.
>
> 2. La luz, que se hallaba suspendida un poco por encima del nivel del agua, no era objeto de mucha atención por parte de Albert o Bertram; pero Charles rodeaba de forma repetida la lámpara con sus tentáculos y aplicaba una fuerza considerable, arrastrando la luz al tanque. Evidentemente, este comportamiento es incompatible con el de tirar de la palanca.
>
> 3. Charles tenía una gran tendencia a lanzar chorros de agua fuera del tanque; los dirigía, en concreto, hacia quien realizaba el experimento. El animal pasaba mucho tiempo con los ojos por encima de la superficie del agua y dirigía un chorro de esta a cualquier individuo que se acercara al tanque. Este comportamiento interfería de forma sustancial con la conducta tranquila de los experimentos y, de nuevo, es del todo incompatible con tirar de la palanca.

Dews comenta de manera escueta: «Las variables responsables del mantenimiento y fortalecimiento del comportamiento de tirar de la lámpara y de lanzar chorros de agua en este animal no eran aparentes». El lenguaje que Dews emplea aquí (el lenguaje de «variables responsables», etcétera) muestra que piensa (o al menos escribe) en línea con los supuestos de los experimentos de comportamiento animal de mediados del siglo XX. Dews supone que, si Charles lanza chorros de agua a quienes realizan el experimento y se amadriga en el aparato, ello ha de deberse a que algo en la historia de Charles ha reforzado este comportamiento. Los animales de una especie determinada empezarán a hacer lo mismo, según esta hipótesis, y, si divergen en su comportamiento, ello se deberá a sus experiencias de recompensa (o de falta de la misma). Este es el marco de referencia dentro del que trabaja Dews. Sin embargo, un mensaje de los experimentos con pulpos consiste en que hay muchos tipos de individuos. Charles, es muy probable, no era un pulpo que empezara con las mismas rutinas de comportamiento que los demás y que se hubiera reforzado para lanzar chorros de agua a quienes realizaban el experimento, sino un pulpo con un carácter particularmente luchador.

Este artículo de 1959 fue uno de los primeros encuentros entre un estilo de trabajo científico sobre el comportamiento animal firmemente controlado y la idiosincrasia de los pulpos. Se ha realizado muchísimo trabajo sobre animales teniendo en cuenta la hipótesis de que todos los animales de una determinada especie (y quizá de un mismo sexo) serían muy parecidos hasta que encuentran recompensas diferentes y que picotearán, o correrán, o tirarán de una palanca todo el día con el fin de conseguir los mismos bocados de comida. Dews, como muchos otros, quería trabajar de esta manera porque estaba determinado a utilizar lo que denominaba «métodos de estudio

objetivos y cuantitativos». Yo también; pero los pulpos, mucho más que las ratas y las palomas, tienen sus propias ideas: «malignidad y astucia», tal como decía Eliano en el epígrafe de este capítulo.

Las anécdotas más famosas sobre pulpos son las de huida y de robo, en las que pulpos de acuarios hacen incursiones en los acuarios vecinos durante la noche en busca de comida. Tales relatos, a pesar de su encanto, no delatan de un modo especial gran inteligencia. Los tanques colindantes no son tan diferentes de los charcos de marea, aunque entrar y salir de ellos exige más esfuerzo. He aquí un comportamiento que encuentro más intrigante: hay pulpos que, en al menos dos acuarios[13], han aprendido a apagar las luces mediante el lanzamiento de chorros de agua a las bombillas cuando nadie los observa, lo que provoca que se produzcan cortocircuitos en el suministro eléctrico. En la Universidad de Otago, en Nueva Zelanda, esto resultó tan caro que el pulpo tuvo que ser devuelto al mar. Un laboratorio en Alemania tuvo el mismo problema. Esto parece, en efecto, propio de animales inteligentes. Sin embargo, también se puede ofrecer una explicación que deshinche en parte el relato. A los pulpos no les gusta la luz brillante y lanzan chorros de agua a cualquier cosa que los moleste (como Peter Dews descubrió). De modo que lanzar chorros de agua a las luces quizá no requiera mucha explicación. Asimismo, es más probable que los pulpos se desplacen lejos de su guarida cuando no hay humanos a la vista. Por otra parte, los relatos de este tipo parecen dar la impresión de que el pulpo aprendió *muy rápidamente* lo bien que funciona este comportamiento: que vale la pena situarse en posición y apuntar directamente a la luz para apagarla. Debería ser posible preparar un experimento que ponga a prueba algunas de las diferentes explicaciones posibles para dicho comportamiento.

Este caso ilustra un hecho más general: los pulpos tienen la capacidad de adaptarse a las circunstancias especiales de la cautividad y a su interacción con los cuidadores humanos. En la naturaleza, los pulpos son animales relativamente solitarios. Se cree que su vida social, en la mayoría de especies, es mínima (aunque más adelante consideraré excepciones a esta pauta). Sin embargo, en el laboratorio, suelen ser rápidos a la hora de cogerle el tranquillo a cómo funciona la vida en sus nuevas circunstancias. Por ejemplo, ya hace tiempo que se sabe que los pulpos pueden reconocer a sus cuidadores humanos individuales y comportarse de manera diferente hacia ellos. Hace años que relatos de este tipo se generan en diferentes laboratorios. En un principio, todo parecía anecdótico. En el mismo laboratorio de Nueva Zelanda que tenía el problema de los «apagones» de luz, un pulpo le cogió manía a un miembro del personal del laboratorio, sin ninguna razón aparente, y, siempre que dicha persona pasaba por la pasarela situada detrás del tanque, recibía un chorro de dos litros de agua en la parte posterior del cuello. Shelley Adamo, de la Universidad de Dalhousie[14], tenía una jibia que lanzaba regularmente chorros de agua a todos los *nuevos* visitantes del laboratorio, pero no a las personas que se hallaban allí con frecuencia. En 2010, un experimento confirmó que los pulpos gigantes del Pacífico realmente pueden reconocer a humanos individuales[15] y hacerlo aun cuando los humanos lleven uniformes idénticos.

Stefan Linquist, un filósofo que ha estudiado el comportamiento de los pulpos en el laboratorio, lo describe así: «Cuando trabajas con peces, estos no tienen ni idea de que están en un tanque, en algún lugar no natural. Con los pulpos es totalmente distinto. Saben que se encuentran dentro de este lugar especial y que tú te hallas fuera de él. Todos sus comportamientos se ven afectados por su cono-

cimiento de la cautividad». Los pulpos de Linquist trasteaban con su tanque, lo manipulaban y hacían pruebas con él. Linquist tuvo un problema cuando los pulpos taponaron de forma deliberada las válvulas de escape de los tanques al introducir sus brazos en ellas, quizá para aumentar el nivel del agua. Desde luego, esto inundó todo el laboratorio.

Otro relato que ilustra la opinión de Linquist me lo contó Jean Boal, de la Universidad de Millersville, en Pensilvania[16]. Boal tiene la reputación de ser una de las investigadoras de cefalópodos más rigurosa y crítica. Se la conoce por sus diseños experimentales meticulosos y por su insistencia de que en estos animales solo hay que conjeturar «cognición» o «pensamiento» cuando los resultados experimentales no puedan explicarse de alguna manera más simple. Sin embargo, al igual que muchos investigadores, tiene unos cuantos relatos de comportamientos que son asombrosos por lo que parecen mostrar acerca de la vida interior de estos animales. Uno de dichos sucesos ha permanecido en su mente a lo largo de una década. A los pulpos les encanta comer cangrejos, pero en el laboratorio se les suele alimentar con camarones o con calamares que previamente han sido descongelados. A los pulpos les cuesta un cierto tiempo acostumbrarse a estos alimentos de segunda categoría, pero al final lo hacen. Un día, Boal caminaba junto a una fila de tanques, dando a cada pulpo un pedazo de calamar descongelado mientras pasaba. Al llegar al final de la fila, volvió por el camino que había recorrido. Sin embargo, el pulpo del primer tanque parecía estar esperándola: no se había comido su calamar, sino que lo mostraba para llamar su atención. Cuando Boal se detuvo allí, el pulpo se dirigió lentamente hasta el otro lado del tanque, hacia el conducto de desagüe, al tiempo que no cesaba de mirarla. Cuando llegó al conducto de

desagüe, y todavía sin dejar de mirarla, tiró el fragmento de calamar por el desagüe.

Este relato, junto con todos los de pulpos que lanzan chorros de agua a quienes experimentan con ellos, me recordó algo que yo mismo había visto. A menudo los pulpos cautivos intentan escapar y, cuando lo hacen, parecen ser capaces de elegir, de forma infalible, el momento en que uno no los observa. Por ejemplo, si tenemos a un pulpo en un cubo de agua, a menudo parece que allí se encuentra relativamente conforme, pero, si nuestra atención se desvía por un segundo, cuando volvemos a mirar veremos a un pulpo arrastrándose silencioso sobre el suelo.

Yo pensaba que esto eran imaginaciones mías, hasta que hace unos años escuché una conferencia impartida por David Scheel, que trabaja con pulpos a tiempo completo. También Scheel dijo que los pulpos parecen discernir de maneras sutiles si él los está observando o no y que se mueven cuando no lo hace. Supongo que esto tiene sentido como un comportamiento natural en los pulpos; uno quiere salir corriendo cuando la barracuda no lo está mirando y no cuando lo mira. Aun así, el hecho de que los pulpos puedan hacer esto de un modo tan rápido con los humanos (tanto si llevan máscara de buceo como si no) impresiona.

A medida que se acumulan relatos de este tipo, surge una explicación para los diversos resultados que los pulpos obtienen en algunos experimentos habituales de aprendizaje. Se suele decir que no lo hacen especialmente bien en estos experimentos porque los comportamientos que se requieren son antinaturales. (Hanlon y Messenger dijeron esto a propósito del experimento de Dews en el que, por ejemplo, hay que tirar de una palanca). Sin embargo, el comportamiento de los pulpos en entornos de laboratorio indica que a menudo «antinatural» no es un problema para ellos. Los pulpos pueden abrir tarros con tapón de rosca para obtener comida

y uno incluso ha sido filmado destapando un tarro de este tipo desde dentro. Los comportamientos no resultan mucho más antinaturales que esto. Pienso que los problemas con el antiguo experimento de Peter Dews, tal como fueron, procedían en parte de suponer que un pulpo estuviera *interesado* en tirar repetidamente de una palanca para obtener trozos de sardina, para recolectar una y otra vez pedazos de este alimento de segunda categoría. Ratas y palomas realizan actos de esta clase, pero a los pulpos les lleva un poco de tiempo manejar cada tipo de comida: probablemente no pueden atiborrarse y tienden a perder interés. Al menos, para algunos de ellos, hacer caer la lámpara de la parte superior del tanque y arrastrarla hasta su guarida *sí* que es más interesante. Y lo mismo sucede con el hecho de lanzar chorros de agua a quienes experimentan con ellos.

En respuesta a la dificultad de motivar a los animales, algunos investigadores, lamentablemente, han usado el refuerzo negativo (descargas eléctricas) de un modo más libre que con otros animales. Gran parte de las primeras investigaciones que se realizaron en la Stazione Zoologica di Napoli trataba mal a los pulpos. No solo se emplearon descargas eléctricas, sino que muchos experimentos incluían la eliminación de partes del cerebro del pulpo o la amputación de nervios importantes solo para ver qué haría este al despertarse. Hasta fecha reciente se podía operar también a los pulpos sin anestesia. Al ser invertebrados, no quedaban cubiertos por la normativa sobre crueldad con los animales. Muchos de estos primeros experimentos son de lectura angustiante para quien considere que los pulpos son seres conscientes[17]. Sin embargo, durante la última década a menudo se cita a los pulpos como una especie de «vertebrado honorario» en la normativa que rige su tratamiento en experimentos, en especial en la Unión Europea. Esto supone un paso adelante.

Otro comportamiento de los pulpos que se ha abierto camino desde la anécdota hasta la investigación experimental es el juego: interactuar con objetos simplemente por el gusto de hacerlo. Una innovadora en la investigación de los cefalópodos, Jennifer Mather, junto con Roland Anderson, del acuario de Seattle, hizo los primeros estudios de este comportamiento[18], que ahora se investiga en detalle. Algunos pulpos (y solo algunos) pasan tiempo lanzando chorros de agua contra frascos de pastillas, que mueven por su tanque y que hacen «rebotar» una y otra vez contra la corriente procedente de la válvula de entrada de agua del aljibe. En general, el interés que un pulpo tiene al principio hacia cualquier objeto nuevo es gustativo: ¿podré comerlo? Sin embargo, una vez que descubre que un objeto es incomible, esto no siempre significa que no sea interesante. Un trabajo reciente en el laboratorio por parte de Michael Kuba ha confirmado que los pulpos pueden decidir rápidamente que algunos objetos no son comida y, a menudo, siguen estando muy interesados en explorarlos y en manipularlos.

UNA VISITA A OCTÓPOLIS*

En el capítulo 1 describí el descubrimiento de Matthew Lawrence de una localidad de pulpos en la costa oriental de Australia. Matt exploró la bahía después de anclar allí su pequeño bote, de nadar para recuperar el ancla y dejar que la deriva del bote guiara su deambular sobre el fondo del mar. (Debo añadir que nadar solo es una mala idea.

* La traducción literal sería Pulpópolis si deriva del término para pulpo en inglés *(octopus)*, pero, puesto que el género más conocido es *Octopus*, se ha preferido castellanizar el término original *(Octopolis)* *[N. del T.]*.

Matt lleva consigo una segunda provisión de aire que es completamente independiente de la primera, para el caso de que todo se tuerza. Incluso con esta precaución, no es recomendable). En 2009, dio con un fondo de conchas en el que vivían alrededor de una docena de pulpos. No parecía preocuparles su presencia y deambulaban y luchaban entre sí mientras Matt los observaba.

Matt estableció las coordenadas GPS del lugar y empezó a visitarlo de forma regular. Observaría a los pulpos e interactuaría con ellos. No parecía que su presencia les incomodara y algunos eran lo bastante curiosos para jugar con él y explorar su equipo. Su cámara y sus tubos de aire pronto tuvieron pulpos que se desplazaban sobre ellos. Otros pulpos estaban demasiado ocupados relacionándose con los demás. A veces Matt presenciaba lo que parecía una especie de comportamiento de «acoso». Un pulpo se hallaba posado tranquilamente en su cubil y otro pulpo de mayor tamaño se le acercaba, saltaba sobre el cubil y forcejeaba furiosamente con el pulpo situado debajo. Pasada una gran convulsión multicolor, el pulpo situado debajo salía disparado como un cohete, con su cuerpo pálido, y se posaba a unos metros de distancia, fuera del lecho de conchas. El pulpo agresor volvía a su guarida.

A medida que pasaba el tiempo, Matt se acostumbraba cada vez más a tratar con estos animales e incluso hoy me parece que los pulpos se relacionan con Matt de manera diferente a como lo hacen con cualquier otra persona. Una vez, en un lugar próximo a este, un pulpo agarró su mano y se fue con él mientras lo remolcaba. Matt lo siguió, como si lo llevara de la mano por el fondo del mar un niño muy pequeño de ocho patas. El recorrido duró diez minutos y terminó en la guarida del pulpo[19].

Aunque no es biólogo, Matt tenía la sensación de que este emplazamiento podía resultar insólito. Envió algunas fotos

a una página web[20] que funciona como un centro de información para científicos y aficionados a los cefalópodos. Allí las vio la bióloga Christine Huffard, que me preguntó si yo conocía aquel sitio. Me sorprendí al leer lo que Matt había encontrado y, además, este lugar se halla solo a unas pocas horas de Sídney. Me puse en contacto con él la siguiente vez que viajé a la ciudad y me fui en coche a conocerlo.

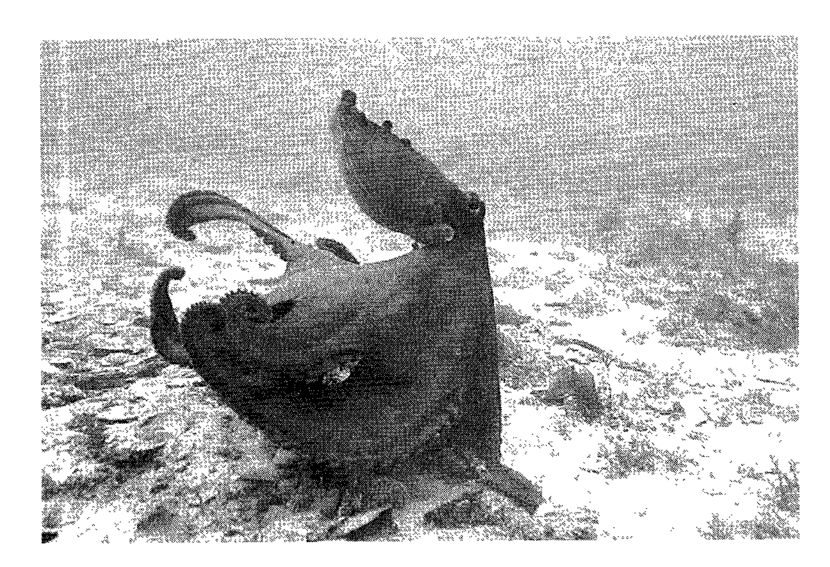
Descubrí que Matt es un fanático del buceo y que tiene su propio compresor de aire en un garaje, donde elabora sus particulares mezclas de aire enriquecido con las que llena sus botellas. Pronto nos dirigimos en su pequeño bote hacia un punto situado en el centro de su bahía, donde lanzó el ancla; después, nadamos siguiendo el cabo observados únicamente por algunos pececillos.

El lugar que ahora llamamos Octópolis[21] se encuentra a unos 15 metros de profundidad, parece casi invisible hasta que uno se halla muy cerca y el fondo del mar que lo rodea resulta anodino. Dispersas, solitarias o en pequeños grupos, hay vieiras* y varias especies de algas flotan sobre la arena. Mi primera visita a este sitio, en el agua fría del invierno, fue tranquila. Encontramos solo cuatro pulpos, que no hacían casi nada. Sin embargo, yo podía ver que se trataba de un lugar fuera de lo común. Había un lecho de conchas de vieiras, tal como Matt había comentado, de un par de metros de diámetro. Parecía contener conchas de varias edades diferentes y había un objeto incrustado similar a una roca, de unos 30 centímetros de alto, situado en medio, que el pulpo más grande del lugar usaba como madriguera. Tomé medidas y fotografías y volví allí siempre que pude. Pronto empecé a contemplar la elevada concentración de pulpos y los complejos comportamientos que Matt había descubierto en sus primeras inmersiones aquí.

* Conchas de peregrino, varias especies del género *Pecten* o afines *[N. del T.]*.

Si hubiéramos tenido aire y tiempo suficientes, no sé durante cuánto tiempo habríamos permanecido allá abajo. Cuando el sitio se llena de acción, es fascinante. Los pulpos se miran unos a otros desde sus cubiles entre las conchas. Periódicamente se arrastran fuera de su guarida y se desplazan sobre el lecho de conchas, o más lejos, sobre la arena. Algunos pasarán junto a otros sin que suceda nada, pero un pulpo puede también lanzar su brazo para darle un golpecito o para probar a otro. Un brazo, o dos, pueden extenderse en respuesta, y esto a veces termina con una tregua, y cada pulpo sigue su camino, pero en otros casos conduce a una lucha cuerpo a cuerpo.

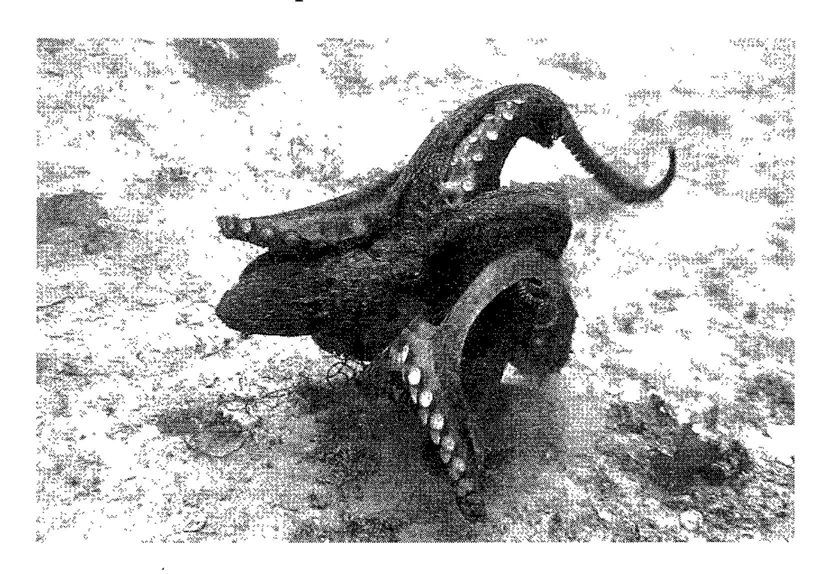
La primera fotografía se tomó exactamente desde fuera del límite del lugar y trata de ofrecer al lector una idea del aspecto que tienen estos animales. La especie es *Octopus tetricus*, un pulpo de tamaño medio que se encuentra únicamente en Australia y Nueva Zelanda. Este es un animal relativamente grande; desde el fondo del mar hasta el punto más elevado de su dorso mediría poco menos de 60 centímetros. Se abalanza hacia otro pulpo, fuera de la imagen, a la derecha.



La escena siguiente transcurre sobre el lecho de conchas propiamente dicho[22]. El pulpo de la izquierda salta hacia el de la derecha, que está estirado y empieza a huir.



Y esta es una lucha más seria, sobre la arena, justo fuera del borde del emplazamiento:



Con el fin de estudiar cambios en el lecho de conchas, una vez llevé varias estacas al lugar y las clavé a martillazos en el fondo marino para marcar los límites aproxima-

dos del sitio. Las estacas, de unos 18 centímetros de largo, eran de plástico, de modo que incrusté en cada una de ellas un pesado tornillo metálico para que pesaran más. Hundí las estacas de modo que solo sobresalieran unos dos centímetros de la arena y las situé en los cuatro puntos cardinales. Pasan muy desapercibidas y son difíciles de ver si uno no sabe exactamente dónde están. Unos meses más tarde volví de nuevo al lugar y encontré que una de las estacas había sido arrancada y añadida al montón de restos que rodeaban, a cierta distancia, uno de los cubiles de los pulpos. Pienso que pronto se habría descubierto que la estaca era incomible y es probable que no sirviera como barricada. Sin embargo, al igual que ocurrió con las cintas de medir, las cámaras y otras muchas cosas que llevamos allí, la novedad de la estaca parece que la hizo interesante para un pulpo.

Otros pulpos manipulan objetos extraños por razones más prácticas. En 2009, en Indonesia[23], un grupo de investigadores se sorprendió al ver que los pulpos llevaban a todas partes dos medias cáscaras de cocos como cobijos portátiles. Las cáscaras debieron de haber sido cortadas por la mitad por humanos que, después, las habían desechado. Los pulpos hicieron un buen uso de ellas. Una mitad se encajaba dentro de la otra y el pulpo acarreaba ambas bajo su cuerpo mientras «caminaba en zancos» por el fondo. Después, el pulpo juntaba las dos mitades formando una esfera y se refugiaba en su interior. Existe toda una serie de animales que utilizan objetos encontrados como cobijo (los cangrejos ermitaños son un ejemplo) y algunos emplean utensilios para recolectar comida (entre ellos los chimpancés y algunos cuervos). Sin embargo, montar y desmontar un objeto «compuesto» como este y darle un uso constituye algo muy raro. De hecho, no queda claro con qué se puede comparar este comportamiento. Muchos

animales combinan una variedad de materiales cuando construyen nidos (muchos nidos son objetos «compuestos»); pero no se desmontan, se transportan y se vuelven a montar de nuevo.

El comportamiento del coco-casa ilustra lo que considero que pone de manifiesto el rasgo distintivo de la inteligencia del pulpo; muestra con claridad la *manera* en que se han convertido en animales inteligentes. Lo son en el sentido de ser curiosos y flexibles; atrevidos, oportunistas. Con esta idea sobre la mesa puedo añadir más elementos a mi imagen de cómo encajan los pulpos en la panoplia de los animales y en la historia de la vida.

En el capítulo anterior, y utilizando algunas ideas de Michael Trestman, dije que, de toda la amplia serie de planes corporales de los animales, solo tres grupos contienen algunas especies con «cuerpos activos complejos». Son los cordados (como nosotros), los artrópodos (como los insectos y los cangrejos) y un pequeño grupo de moluscos, los cefalópodos. Los artrópodos fueron los primeros en seguir este camino, en el Cámbrico temprano, hace unos 500 millones de años. La manera en que lo realizaron pudo haber iniciado un proceso de retroalimentación evolutiva que pronto incluyó a todos los demás. Los artrópodos fueron los primeros, y cordados y cefalópodos los siguieron.

Dejando aparte nuestro propio caso, podemos encontrar una diferencia en las rutas que siguieron los otros dos grupos. Muchos artrópodos se especializan en la vida social y en la coordinación. No todos lo realizan (de hecho, la mayoría de artrópodos no lo hacen), pero en el área del comportamiento, muchos de los grandes logros de los artrópodos son sociales. Esto puede verse de forma especial en las colonias de hormigas [hormigueros] y abejas melíferas [colmenas] y en las ciudades con aire acondicionado que construyen los termes [termiteros].

Los cefalópodos son diferentes. Nunca colonizaron la tierra (pero algunos otros moluscos sí lo hicieron) y, aunque probablemente iniciaron el camino hacia el comportamiento complejo en fecha posterior a la de los artrópodos, al final desarrollaron un cerebro mayor. (Aquí considero que un hormiguero está constituido por muchos organismos con muchos cerebros y que no se trata solamente de uno). En los artrópodos, los comportamientos muy complejos suelen conseguirse mediante la coordinación de muchos individuos[24]. Algunos calamares son sociales, pero su comportamiento no se parece en nada a la organización de hormigas y abejas melíferas. Los cefalópodos, con la excepción parcial de los calamares, adquirieron una forma de inteligencia no social. Los pulpos, en especial, seguirían una ruta de complejidad solitaria e idiosincrásica.

EVOLUCIÓN NERVIOSA

Consideremos ahora con más detalle lo que hay dentro de un pulpo y cómo evolucionó el sistema nervioso que se encuentra tras estos comportamientos.

La historia de los cerebros grandes tiene, de manera muy aproximada, la forma de una Y. En el punto de bifurcación de la Y se encuentra el último antecesor común de vertebrados y moluscos. Desde aquí, surgen muchas rutas, pero yo destaco dos de ellas: una que conduce hasta nosotros y otra que lleva a los cefalópodos. ¿Qué características estaban presentes en aquella fase primitiva predispuestas a ser llevadas hacia delante a lo largo de ambas rutas? El antepasado en el centro de la Y con toda certeza disponía de neuronas[25]. Sin embargo, probablemente era un animal vermiforme con un sistema nervioso sencillo. Quizá poseía ojos simples y sus neuronas estaban agrupadas, aunque no

enteramente, en su parte anterior, pero allí no habría habido demasiado cerebro. A partir de esta fase, la evolución de los sistemas nerviosos prosigue de manera independiente en muchos linajes, entre ellos dos que condujeron a cerebros grandes de diseño diferente.

En nuestro linaje, surge el diseño de los cordados, con un cordón de nervios a lo largo de la parte media del dorso del animal y un cerebro en un extremo. Este diseño se observa en peces, reptiles, aves y mamíferos. En el otro lado, el de los cefalópodos[26], surgió por evolución un plan corporal diferente y un tipo distinto de sistema nervioso. Tales sistemas nerviosos son más *distribuidos*, menos centralizados, que el nuestro. Las neuronas de los invertebrados suelen estar reunidas en muchos *ganglios*, pequeños nudos que se distribuyen por el cuerpo y que están conectados entre sí. Los ganglios pueden disponerse en pares, unidos por conectores que recorren el cuerpo y lo atraviesan, como líneas de latitud y longitud. A veces a esto se le llama sistema nervioso «en escalera» y, de hecho, tiene el aspecto de una escalera embutida en el cuerpo. Los cefalópodos ancestrales probablemente tenían un sistema nervioso parecido a este, de modo que, cuando la evolución multiplicó sus neuronas, este proceso tuvo lugar sobre dicho diseño.

En esta expansión, algunos ganglios se hicieron grandes y complejos y otros nuevos se añadieron. Las neuronas se concentraron en la parte anterior del animal y formaron algo que cada vez se parecía más a un cerebro definido. El antiguo diseño en escalera quedó sumergido solo de forma parcial y la arquitectura subyacente del sistema nervioso de los cefalópodos continúa siendo bastante distinta de la nuestra.

Lo que quizá resulte más extraño es que el esófago, el tubo que conduce la comida de la boca al cuerpo, pasa por

en medio del cerebro central. Esto parece de forma clara una equivocación; seguramente nunca se supuso que *allí* tuviera que haber un cerebro. Si un pulpo come algo puntiagudo que perfora el lado de su «garganta», el objeto puntiagudo va directo a su cerebro. Se han descubierto pulpos con este problema en concreto.

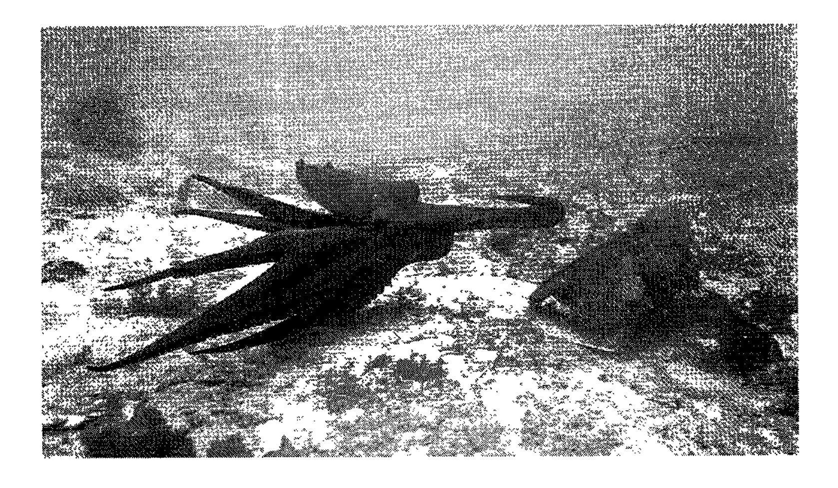
Además, gran parte del sistema nervioso de un cefalópodo no se encuentra dentro del cerebro, sino que está disperso por el cuerpo. En un pulpo, la mayoría de neuronas se hallan en los brazos: casi el doble de las que hay en el cerebro central. Los brazos tienen sus propios sensores y controladores. No solo poseen el sentido del tacto, sino también la capacidad de percibir sustancias químicas: de oler o de gustar. Cada ventosa del brazo de un pulpo puede tener 10.000 neuronas para manejar el gusto y el tacto. Incluso un brazo que ha sido extirpado mediante cirugía puede realizar varios movimientos básicos, como estirarse y agarrar.

¿Cómo se relaciona el cerebro de un pulpo con sus brazos? Las primeras investigaciones, que consideraban a la vez el comportamiento y la anatomía[27], sugerían que los brazos gozaban de una considerable independencia. El canal de nervios que conduce desde cada brazo hasta el cerebro central parecía muy fino. Algunos estudios de comportamiento insinuaban que los pulpos ni siquiera podían seguir la pista de dónde podían estar sus propios brazos. Tal como escribieron Roger Hanlon y John Messenger en su libro *Cephalopod Behaviour*, los brazos daban la impresión de estar «curiosamente divorciados» del cerebro, al menos en el control de movimientos básicos.

La coordinación interna de cada brazo puede ser también muy ágil. Cuando un pulpo atrae hacia sí un fragmento de comida[28], el agarre por el extremo del brazo crea dos ondas de activación muscular, una que se dirige hacia

dentro desde la punta y otra que va hacia afuera desde la base. Allí donde se encuentran las dos ondas, se forma una juntura que a veces se parece a un codo temporal. Los sistemas nerviosos de cada brazo incluyen asimismo bucles en las neuronas[29] (conexiones *recurrentes*, en la jerga especializada) que pueden dar al brazo una forma sencilla de memoria a corto plazo, aunque no se sabe qué es lo que hace este sistema en el pulpo.

No obstante, los pulpos pueden juntarse en algunos contextos, especialmente cuando resulta importante. Como vimos al principio de este capítulo, cuando encontramos a un pulpo en la naturaleza, nos acercamos y nos detenemos frente al mismo, al menos en algunas especies el pulpo envía *un* brazo para inspeccionarnos. A menudo le sigue un segundo brazo, pero primero solo sale uno mientras el animal observa. Esto sugiere una especie de acto deliberado, una acción guiada por el cerebro. Abajo se incluye un fotograma procedente de un vídeo de Octópolis que también sugiere esta opinión. Un pulpo, en el centro de la imagen, salta sobre otro a la derecha, con un único brazo levantado para agarrar a su rival.



Debe de estar llevando a cabo algo que está entre el control localizado y control de arriba abajo. El mejor trabajo experimental que conozco relacionado con este tema procede del laboratorio de Binyamin Hochner de la Universidad Hebrea de Jerusalén. Un artículo de 2011, de Tamar Gutnick, Ruth Byrne y Michael Kuba, junto con Hochner, describía un experimento muy ingenioso[30]. Se preguntaron si un pulpo podía aprender a guiar un único brazo a lo largo de un camino laberíntico hasta un lugar específico con el fin de obtener comida. La tarea se dispuso de tal manera que los sensores químicos propios del brazo no fueran suficientes para llevarlo hasta la comida; el brazo tendría que dejar el agua en un punto para alcanzar el sitio señalado. Sin embargo, las paredes del laberinto eran transparentes, con el fin de que el lugar escogido pudiera verse. El pulpo debería conducir un brazo a través del laberinto con sus ojos.

A los pulpos les llevó un poco de tiempo aprender a hacerlo, pero, al final, casi todos lo consiguieron. Los ojos *pueden* guiar los brazos. Al mismo tiempo, el artículo también indicaba que, cuando los pulpos ejecutan bien esta tarea, el brazo que encuentra la comida parece hacer al mismo tiempo, al reptar y palpar, su propia exploración local. De modo que da la impresión de que existen dos formas de control que operan al unísono: un control central del camino general del brazo, mediante los ojos, combinado con un sutil ajuste de la búsqueda con el propio brazo.

CUERPO Y CONTROL

Unos 500 millones de neuronas..., ¿por qué tantas? ¿Qué hacen por el animal? En el capítulo anterior destaqué el

precio de esta maquinaria. ¿Por qué los cefalópodos siguieron esta insólita ruta evolutiva? Nadie conoce la respuesta a esta pregunta, pero esbozaré algunas posibilidades. La pregunta se plantea, en cierto grado, para casi todos los cefalópodos, pero me centraré en los pulpos.

Los pulpos son depredadores y cazan mientras se desplazan en lugar de esperar emboscados. Vagan por el fondo marino, a menudo en arrecifes y en aguas someras[31]. Cuando los psicólogos de animales intentan explicar la evolución de un cerebro grande[32], suelen empezar por considerar la vida social de estos. Las complejidades de la vida social parecen dar paso con frecuencia a una inteligencia elevada. Los pulpos no son muy sociales. En el capítulo final consideraré algunas excepciones, pero la vida social no constituye una parte destacada de la historia de los pulpos. Un factor que resulta más importante es todo este vagabundeo y esta caza. Para profundizar en dicha idea adaptaré algunas de las reflexiones desarrolladas en la década de 1980 por la primatóloga Katherine Gibson[33]. Esta buscaba una explicación de por qué algunos mamíferos desarrollaron por evolución un cerebro grande y no consideraba su aplicación a algo parecido a un pulpo, pero creo que sus planteamientos también pueden ser relevantes aquí.

Gibson distinguía dos maneras diferentes de buscar comida. Una sería especializarse en un alimento que requiere poca manipulación y puede tratarse del mismo modo en cada caso. Su ejemplo era una rana que caza insectos voladores. Esto lo comparaba con la búsqueda «extractiva» de comida, algo que implica adaptar las opciones a las circunstancias, extraer la comida de conchas y revestimientos protectores y hacerlo de una manera flexible y sensible al contexto. Compárese una rana con un chimpancé, que vaga buscando varias cosas para comer, muchas de las cuales

requieren manipulación y extracción una vez que se han encontrado: nueces, semillas, termes en sus termiteros. La descripción de Gibson de este estilo de búsqueda de comida flexible y exigente encaja bien con los pulpos. Para muchos de ellos, los cangrejos se encuentran en los primeros lugares de la lista de alimentos preferidos, pero varios animales más, desde vieiras hasta peces (y otros pulpos), también cuentan como comida, por lo que tratar con conchas y otras defensas suele constituir una tarea importante.

David Scheel, que trabaja principalmente con el pulpo gigante del Pacífico, da de comer a sus animales almejas enteras, pero debido a que sus animales locales en el canal del Príncipe Guillermo no suelen comer almejas de forma habitual, tiene que enseñarles acerca del nuevo tipo de alimento. De modo que aplasta parcialmente una almeja y se la da al pulpo. Después, cuando ofrece al pulpo una almeja intacta, el cefalópodo sabe que aquello es comida, pero no sabe cómo llegar a la carne. El pulpo intentará toda suerte de métodos: perforará la concha y desportillará los bordes con su pico, la manipulará de todas las maneras posibles…, y al final aprenderá que solo con su fuerza es suficiente: si lo hace con bastante fuerza, puede simplemente separar las dos valvas de la concha.

Este estilo de caza y búsqueda de comida dota de sentido común al lado explorador y curioso de la psique del pulpo, especialmente a su dedicación a manipular objetos nuevos. Este factor puede aplicarse más a los pulpos que a las jibias y los calamares, que se entregan a una manipulación menos complicada de su alimento. Algunas jibias tienen el cerebro muy grande, quizá mayor, como una parte del cuerpo, que el de los pulpos. Por el momento este es un hecho muy misterioso y no se sabe mucho sobre todo lo que las jibias son capaces de realizar.

Aunque los pulpos no son muy sociales en el sentido usual (el que implica pasar mucho tiempo con otros pulpos), su dedicación a otros animales como depredadores y como presas es, en cierto modo, «social». Dichas situaciones requieren a veces que las acciones de un animal se ajusten a las acciones y perspectivas de otros y esto incluye lo que esos otros pueden ver y lo que es probable que hagan. Las exigencias de la vida «social»[34], en un sentido específico, presentan similitudes con las de algunos tipos de caza y con el hecho de evitar ser cazado.

Estas características del estilo de vida de los pulpos forman parte probablemente de la historia que hay detrás de su sistema nervioso grande. Ahora quiero poner también sobre la mesa otra idea. En el capítulo 2 comparé las hipótesis *sensorio-motriz* y de *modelado de la acción* de la evolución del sistema nervioso. El enfoque del modelado de la acción es menos familiar y, desde un punto de vista histórico, hizo falta algo de esfuerzo para desarrollarlo. La idea básica consiste en que, en lugar de mediar entre la entrada sensorial y la salida de comportamiento, los primeros sistemas nerviosos llegaron a existir como soluciones a un problema de simple coordinación dentro del organismo: cómo coordinar los microactos de partes del cuerpo en los macroactos del conjunto.

El cuerpo del cefalópodo, y especialmente el del pulpo, constituye un objeto único con respecto a dichas exigencias. Cuando parte del «pie» del molusco se diferenció en una masa de tentáculos, sin articulaciones ni concha, la consecuencia fue un órgano muy difícil de controlar, pero también, *si* podía controlarse, algo enormemente útil. La pérdida de casi todas las zonas duras por parte del pulpo complicó tanto el reto como las oportunidades. Se hizo posible una gran gama de movimientos, pero estos debían organizarse, hacerse coherentes. Los pulpos no han tratado

con este reto mediante la imposición de un gobierno centralizado del cuerpo; en lugar de ello, han impuesto una mezcla de control local y central. Se podría decir que los pulpos han convertido cada brazo en un actor de escala intermedia. Sin embargo, este también establece un orden, de arriba abajo, sobre ese sistema enorme y complejo que es el cuerpo del pulpo.

Las meras exigencias de coordinación, que pudieron haber sido importantes en la evolución temprana de los sistemas nerviosos, adoptan también aquí un papel actual. Quizá fueron responsables de gran parte de la multiplicación de neuronas en los pulpos; estas últimas serían entonces necesarias simplemente para lograr el control del cuerpo.

Aunque resolver el problema de la coordinación explicaría el *tamaño* del sistema nervioso, no daría razón del comportamiento inteligente y flexible de los pulpos. Un animal bien coordinado podría ser también poco ingenioso. Una aproximación más completa al pulpo podría combinar entonces estas ideas acerca del modelado de la acción con las de la búsqueda de comida y de la caza que antes tomé prestadas de Gibson; tales reflexiones explicarían la inventiva, la curiosidad y la acuidad sensorial del animal. O bien, de una manera más parcial, la historia podría ser como sigue: un sistema nervioso grande evoluciona para habérselas con la coordinación del cuerpo, pero el resultado es de tanta complejidad neural que, al final, surgen otras capacidades como subproductos o añadidos relativamente fáciles a lo que las exigencias del modelado de la acción han construido. Acabo de decir «o» (subproductos *o* añadidos), pero esto es indudablemente un «y/o». Algunas capacidades (como el reconocimiento de personas concretas) podrían ser subproductos, mientras que otras (como la resolución de problemas) constituyen los resultados de la

modificación evolutiva del cerebro en respuesta al estilo de vida oportunista de los pulpos.

En este contexto, las neuronas en un principio se multiplican debido a las exigencias del cuerpo y, después, un poco más tarde, un pulpo se despierta con un cerebro que puede realizar más cosas. En efecto, parece que, desde un punto de vista evolutivo, *parte* de este extraordinario comportamiento es fortuito. Recuerde el lector de nuevo estos sorprendentes comportamientos en cautividad, la malignidad y la astucia, la implicación con los humanos. Según parece, en los pulpos existiría una especie de excedente mental.

CONVERGENCIA Y DIVERGENCIA

Describí de qué manera la historia temprana de los animales, hasta donde la conocemos, condujo a una bifurcación en la que un camino se dirigía a los cordados (como nosotros) y el otro llevaba a los cefalópodos (entre ellos, los pulpos). Estudiemos la situación y comparemos lo que ocurrió a lo largo de los dos linajes evolutivos.

La semejanza más espectacular es la de los ojos. Nuestro antepasado común pudo haber tenido un par de manchas oculares, pero no poseía ojos que se parecieran a los nuestros. Vertebrados y cefalópodos desarrollaron por evolución y, por separado, ojos de «cámara»[35], con una lente que enfoca una imagen sobre una retina. La capacidad de aprender de diversas maneras también se observa en ambos lados. Aprender mediante la atención a la recompensa y el castigo considerando lo que funciona y lo que no funciona[36] resulta ser algo que se ha inventado varias veces de manera diferenciada en la evolución. Se hallaba presente en el antepasado común de humano y pulpo, y a lo largo

de los dos linajes se complicó muchísimo. También existen semejanzas psicológicas más sutiles: los pulpos, como nosotros, presentan una distinción entre memoria a corto plazo y memoria a largo plazo; se dedican a jugar con objetos nuevos que no son comida y que no poseen un uso aparente; y parecen tener algo similar al sueño. Las jibias, según se ha estudiado, tienen una forma de sueño REM[37] (*Rapid eye movement* [movimientos oculares rápidos]), como nuestro sueño. (Todavía no está claro si en los pulpos se produce algo parecido al sueño REM).

Otras semejanzas son más abstractas, como una implicación con individuos, incluida la capacidad de reconocer a humanos concretos. Con certeza nuestro antepasado común no podía hacer nada análogo a esto. (Es difícil imaginar qué habría considerado un animal tan simple que contenía su mundo). Esta capacidad cobra sentido si un animal es social o monógamo, pero los pulpos no son monógamos, poseen una vida sexual aleatoria y no parecen muy sociales. Aquí tenemos una lección sobre cómo los animales inteligentes manejan la materia de su mundo. Logran dividirla en objetos que, a su vez, pueden volverse a identificar a pesar de los continuos cambios que se dan en la manera que dichos objetos tienen de presentarse. Encuentro que esta es una característica sorprendente de la mente de los pulpos, tanto por su familiaridad como por su semejanza con la nuestra.

Algunas características muestran una mezcla de semejanza y de diferencia, de convergencia y de divergencia. Poseemos un corazón, al igual que los pulpos. Sin embargo, un pulpo tiene *tres* corazones, no uno. Sus corazones bombean sangre verdiazul, pues usan cobre como molécula transportadora de oxígeno, en lugar del hierro, que hace que nuestra sangre sea roja. Después, desde luego, se halla el sistema nervioso: grande como el nuestro, pero cons-

truido según un diseño distinto, con un conjunto diferente de relaciones entre el cuerpo y el cerebro.

A veces se dice que los pulpos son un buen ejemplo de la importancia de un movimiento teórico en psicología denominado *cognición personificada o corpórea.* Estas ideas no se desarrollaron para ser aplicadas a los pulpos, sino a los animales en general, incluidos nosotros, y esta teoría también se ha visto influida por la robótica. Una idea básica consiste en que es nuestro cuerpo, y no nuestro cerebro, el responsable de parte de la «inteligencia» con la que manejamos el mundo[38]. La propia estructura de nuestro cuerpo codifica determinada información acerca del ambiente y de cómo debemos tratarlo, de modo que no es necesario que toda esta información se encuentre almacenada en el cerebro. Las articulaciones y los ángulos de nuestras extremidades, por ejemplo, ejecutan movimientos como andar que surgen de un modo natural. Saber cómo andar es en parte un asunto de tener el cuerpo adecuado. Tal como indicaban Hillel Chiel y Randall Beer, la estructura del cuerpo de un animal crea a la vez *restricciones y oportunidades* que guían su acción.

Algunos investigadores de pulpos se han visto influidos por esta manera de pensar, en especial Benny Hochner. Este último cree que dichas ideas pueden ayudarnos a comprender las diferencias entre el pulpo y el ser humano. Los pulpos poseen una *personificación diferente,* lo que tiene consecuencias para su diferente tipo de psicología.

Estoy de acuerdo con este último punto. Sin embargo, los postulados del movimiento de la cognición personificada no encajan realmente bien con la extraña manera de ser de los pulpos. Los defensores de la cognición personificada suelen decir que la forma y la organización del cuerpo codifican la información. Sin embargo, esto requiere que *exista* una forma del cuerpo[39] y la del pulpo resulta

menos fija que la de otros animales. El mismo animal puede estar erguido sobre sus brazos, introducirse en un agujero un poco mayor que su ojo, convertirse en un misil aerodinámico o plegarse sobre sí mismo para encajar dentro de un frasco. Cuando los defensores de la cognición personificada como Chiel y Beer ofrecen ejemplos de cómo el cuerpo proporciona recursos para una acción inteligente, mencionan las distancias entre distintas partes del cuerpo (que ayudan a la percepción) y la situación y ángulos de las articulaciones. El cuerpo de los pulpos no posee nada de esto: no existen distancias fijas entre las partes, ni articulaciones, ni ángulos naturales. Además, la diferencia relevante en el caso del pulpo no es «cuerpo en vez de cerebro», a la que se suele destacar en las discusiones sobre cognición personificada. En un pulpo, el sistema nervioso en su conjunto constituye un objeto más relevante que el cerebro[40]: no queda claro dónde empieza y dónde termina el cerebro propiamente dicho y su sistema nervioso recorre todo el cuerpo. El pulpo está bañado de nerviosidad; el cuerpo en él no es una cosa *separada* controlada por el cerebro o el sistema nervioso.

El pulpo, en efecto, posee una «personificación diferente», pero tan insólita que no encaja en ninguna de las teorías utilizadas en esta área. El debate más general se da entre los que entienden el cerebro como un director ejecutivo todopoderoso y aquellos que destacan la inteligencia almacenada en el propio cuerpo. Ambas posturas se apoyan en una distinción entre conocimiento basado en el cerebro y conocimiento fundado en el cuerpo. Los pulpos viven fuera de estas dos situaciones habituales. Su personificación les *impide* hacer el tipo de cosas que normalmente se destacan en las teorías de cognición personificada. Los pulpos, en un cierto sentido, son *despersonificados (o incorpóreos).* Estos términos parecen ser equivalentes a inmateriales que,

desde luego, no es lo que tengo en mente. Poseen un cuerpo, que es un objeto material. Sin embargo, el propio cuerpo resulta proteico, todo posibilidad; no tiene ninguno de los costes y ganancias de un cuerpo limitado y que guía la acción. Los pulpos viven fuera de la división común entre cuerpo y cerebro.

4
DEL RUIDO BLANCO A LA CONSCIENCIA

¿CÓMO ES?

¿Qué se siente al ser un pulpo, al ser una medusa? ¿Se siente algo? ¿Cuáles fueron los *primeros* animales que sintieron algo acerca de su vida?

Al principio del libro cité la exigencia de «continuidad» de William James en nuestro conocimiento de la mente. Las complejas formas de experiencia que se encuentran en nosotros proceden de formas más sencillas de otros organismos. James decía que, a buen seguro, la consciencia no *irrumpió* de repente, formada por completo, en el universo. La historia de la vida se encuentra llena de estados intermedios, de matices y de áreas grises. Gran parte de lo que se refiere a la mente se presta a un tratamiento en dichos términos. Percepción, acción, memoria..., todas aparecen a partir de precursores y de casos parciales. Supongamos que alguien pregunta: ¿perciben *realmente* las bacterias su entorno? ¿*Recuerdan* realmente las abejas lo que ha ocurrido? Estas no son preguntas a las que se pueda responder de forma adecuada con un sí o con un no. Existe un proceso de transición fluido desde los tipos de sensibilidad mínima ante el mundo hasta los más complejos y no encontramos ninguna razón para pensar en términos de divisiones tajantes.

Para la memoria, la percepción, etcétera, esta actitud gradualista tiene mucho sentido; pero la otra cara de la moneda es la experiencia subjetiva, la sensación de nuestra vida. Hace muchos años, Thomas Nagel empleó la frase «¿cómo es?» en un intento de dirigirnos al misterio planteado por la experiencia subjetiva[1]. Nagel preguntaba: «¿cómo es ser un murciélago?». Probablemente es como *algo*, pero muy diferente de lo que constituye ser un ser humano. El término «cómo» resulta engañoso aquí, pues sugiere que el problema reside en términos de comparación y semejanza: *esta* sensación es como *aquella* sensación. El problema no radica en la semejanza. Más bien, *hay una sensación* de gran parte de lo que ocurre en la vida humana. Despertarse, observar el cielo, comer; todas estas cosas producen una sensación. Esto es lo que debemos entender. Sin embargo, cuando adoptamos una perspectiva evolutiva y gradualista, terminamos en extraños lugares. ¿Cómo puede ser que el hecho de que la vida sea como algo acabe ocurriendo lentamente? ¿Cómo puede un animal estar a medio camino de sentirse algo de dicho animal?

LA EVOLUCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Pretendo avanzar acerca de estos problemas aquí. No afirmo que los resolveré totalmente, sino que nos acercaremos más al objetivo que James planteó[2]. Expondré el tema como sigue: la *experiencia subjetiva* es el fenómeno más básico que hay que explicar[3], el hecho de que la vida nos parezca algo. Ahora la gente se refiere a veces a que esto explica la *consciencia;* considera que la experiencia subjetiva y la consciencia son la misma cosa. En cambio, yo pienso que la consciencia constituye una forma de experiencia subjetiva, pero no es la única. Para poner un ejemplo que

motiva dicha distinción, tomemos el del dolor. Me pregunto si los calamares padecen dolor y si las langostas y las abejas lo sufren. Considero que esta pregunta significa: ¿le supone algo el daño a un calamar? ¿Le provoca sentirse *mal*? A menudo esta pregunta se expresa planteando si acaso los calamares son conscientes. Esto siempre me ha dado la impresión de ser engañoso, como si se les pidiera demasiado a los calamares. Para usar un término más antiguo, si ser un calamar o un pulpo les parece algo, entonces se trata de seres *sensibles*. La sensibilidad es previa a la consciencia. ¿De dónde procede la sensibilidad?

No es una sustancia parecida al alma que de alguna manera se añade al mundo físico, como piensan los *dualistas;* ni tampoco algo que impregne toda la naturaleza, como creen los *pansiquistas*[4]: la sensibilidad aparece de alguna manera a partir de la evolución de sentir y actuar; implica ser un sistema vivo con un punto de vista acerca del mundo que lo rodea. Sin embargo, si adoptamos este enfoque, una perplejidad nos asalta de inmediato: el hecho de que dichas capacidades están muy extendidas; se encuentran muy alejadas de los organismos de los que se suele pensar que poseen una experiencia de algún tipo. Incluso las bacterias perciben el mundo y actúan, tal como vimos en el capítulo 2. Puede considerarse que las respuestas a los estímulos y el flujo controlado de sustancias químicas a través de fronteras son una parte elemental de la propia vida. A menos que lleguemos a la conclusión de que todos los seres vivos poseen una pizca de experiencia subjetiva (una idea que no considero descabellada, pero que a buen seguro necesitaría argumentarse mucho), ha de existir algo acerca de la manera en que los *animales* interactúan con el mundo que suponga una diferencia crucial.

Un modo de aproximarse a este problema consiste en hablar simplemente de la complejidad de distintos tipos

de organismos y de la complejidad de su forma de interactuar con el mundo. Sin embargo, hay muchos tipos de complejidad y necesitamos un elemento más específico. Ahora consideraré uno de dichos factores, algo que creo con certeza que forma parte del relato, aunque no es fácil ver dónde encaja bien. En la evolución animal, junto con la misma elaboración de sentir y actuar, está la evolución de nuevos tipos de conexión entre dichas actividades, en especial conexiones circulares que implican retroalimentación.

Para un organismo como el lector o como yo, he aquí algunos hechos conocidos: lo que hagamos a continuación se verá afectado por lo que ahora sentimos; y, asimismo, lo que *sintamos* a continuación se verá afectado por lo que ahora *hacemos*. Leemos y volvemos la página y volver la página afectará a lo que vemos. Sentir y actuar se influyen de forma mutua. Lo sabemos de un modo explícito y podemos hablar de ello, pero su entrelazamiento atañe también a modos más esenciales de cómo se sienten las cosas, en un sentido relativamente tosco de «sentir».

Considérese el caso de los *sistemas táctiles de sustitución de la visión* (STSV)[5], una tecnología para las personas ciegas. Se fija una cámara de vídeo a una almohadilla situada sobre la piel de la persona ciega (por ejemplo, en su espalda). Las imágenes ópticas que capta la cámara se transforman en una forma de energía (vibraciones o estimulación eléctrica) que puede sentirse sobre la piel. Después de un cierto adiestramiento con este dispositivo, los portadores empiezan a revelar que la cámara les proporciona una experiencia de *objetos localizados en el espacio*, no solo un patrón táctil sobre su piel. Si, por ejemplo, llevamos este sistema y un perro pasa por delante de nosotros, el vídeo producirá un patrón móvil de presiones o vibraciones en nuestra espalda, pero, en determinadas circunstancias, esto

no se sentirá como si fueran vibraciones en nuestra espalda; en cambio, experimentaremos que hay un objeto que se mueve frente a nosotros. Sin embargo, esto solo ocurre cuando el portador es capaz de *controlar la cámara,* de actuar y de influir en el flujo de estimulación entrante. El usuario del dispositivo ha de poder mover la cámara más cerca, cambiar su ángulo, etcétera. La manera sencilla de hacerlo consiste en fijar la cámara al cuerpo de la persona. Entonces el portador puede hacer que los objetos se aproximen y entren y salgan del campo visual. Aquí la experiencia subjetiva se encuentra íntimamente ligada a la interacción entre el comportamiento y la entrada sensorial. La retroalimentación de momento a momento entre la percepción y la acción afecta a la manera en que se siente el propio impulso sensorial.

Aunque la idea de que nuestras acciones afectan a lo que percibimos parece habitual y conocida, durante muchos siglos los filósofos no la trataron como algo especialmente importante. En filosofía, este es el territorio de lo poco ortodoxo, de los trabajos que se hallan situados al margen del desarrollo principal de las ideas, no dentro del mismo. Y esto es cierto incluso en años recientes. En lugar de ello, una gran cantidad de trabajo se ha ocupado de un pequeño *fragmento* de la imagen total; se ha dedicado a la conexión entre lo que entra a través de los sentidos y los pensamientos o creencias que resultan de ello. En general se ha afirmado poco acerca de la conexión con la acción y todavía menos sobre la manera en que la acción afecta a lo que sentimos a continuación.

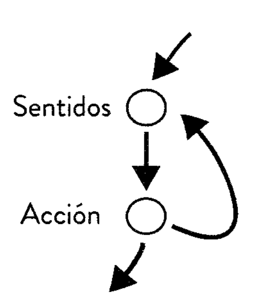
A algunos filósofos siempre les desagradó esta obsesión por las entradas sensoriales, por la receptividad, que se observa en las teorías sobre la mente. Sin embargo, su respuesta consistió en desechar la importancia de las entradas de una manera general[6] y en intentar contar un relato acer-

ca del organismo autodeterminante, acerca del sujeto como *fuente,* que se impone al mundo. Esto constituye una especie de exceso de compensación, como si los filósofos solo fueran capaces de concentrarse en un lado cada vez. Resulta algo significativo, que según parece no es fácil de conseguir, aceptar que existe *tráfico,* un ir de acá para allá.

En la experiencia cotidiana, existen dos arcos que indican una relación causal: un arco sensorio-motor, que conecta nuestros sentidos con nuestras acciones, y un arco *motor-sensorial.* ¿Por qué volvemos la página? Porque hacerlo influirá sobre lo que leeremos a continuación. El segundo arco no está tan fuertemente controlado como el primero, pues se extiende al espacio externo, público, en lugar de permanecer en el interior de la piel. Quizá cuando volvamos la página, alguien agarre el libro o a nosotros. Las rutas desde el sentido hasta el motor y desde el motor hasta el sentido no son parejas. Sin embargo, el compañero más joven y olvidado, el efecto de la acción sobre lo que sentimos a continuación, es con toda seguridad relevante. Después de todo, esta es *la razón por la que* hacemos gran parte de lo que hacemos: controlar lo que nuestros sentidos encontrarán.

A menudo los filósofos emplean la metáfora de una *corriente* de experiencia. Esta última, dicen, es como un río en el que estamos sumergidos; pero esta imagen resulta muy engañosa, pues en un río el flujo se halla casi totalmente fuera de nuestro control. Tenemos la posibilidad de cambiar nuestra posición en el río, nadar hacia un punto u otro y esto nos proporciona un cierto dominio sobre lo que encontraremos. Sin embargo, de forma asidua, en la vida real podemos hacer mucho más que esto: remodelar las mismas cosas con las que interactuamos. Los ríos son relativamente resistentes a tales esfuerzos cuando permanecemos solos en medio de ellos.

Lo que sentimos a continuación tiene dos orígenes: lo que acabamos de realizar y lo que el mundo más grande y situado más allá de nosotros va a hacer. La forma general de las relaciones causa-efecto se parece a esto[7]:



Hay dos flechas que conducen a los sentidos; tienen papeles diferentes en contextos distintos y a veces una es más importante que la otra, pero ambas se hallan casi siempre ahí.

Los bucles que conectan de nuevo las acciones con los sentidos no se observan solo en nosotros, también se encuentran presentes en formas de vida muy simples. Sin embargo, destacan más en los animales, en especial porque los animales pueden *hacer* más cosas. La evolución del músculo, derivación de minúsculos elementos fibrilares del interior de las células, creó una nueva manera mediante la cual la vida deja su impronta en el mundo. Todos los seres vivos influyen en su entorno al producir y transformar sustancias químicas y también al crecer y a veces al moverse, pero es el músculo lo que origina las acciones rápidas y coherentes a escalas espaciales grandes, lo que hace posible la *manipulación* de objetos, la transformación deliberada y rápida de lo que nos rodea.

La evolución de los animales se ve influida de varias maneras por estas rutas causales que forman bucles. A me-

nudo dichos rizos o bucles conducen a un *problema,* cuando un animal intenta determinar qué ocurre a su alrededor. Algunos peces, por ejemplo, emiten pulsos eléctricos para comunicarse con otros peces[8] y también para sentir eléctricamente otras cosas que ocurren a su alrededor. Sin embargo, los pulsos autoproducidos afectarán a sus propios sentidos y puede ser que para un pez sea difícil distinguir los pulsos que ha producido de las perturbaciones eléctricas que se deben a cosas externas. Para resolver este problema, siempre que un pez emite un pulso también envía una *copia* de la orden al sistema sensorial, lo que permite a dicho sistema contrarrestar el efecto del pulso que ha producido. El pez sigue la pista y registra la distinción entre «yo» y «otro», entre los efectos sobre sus sentidos de sus propias acciones y los efectos de acontecimientos que suceden a su alrededor.

Un animal no necesita emitir pulsos eléctricos para abordar este problema. Tal como señala el neurocientífico sueco Björn Merker[9], esto resulta por el mero hecho de ser capaz de moverse. Una lombriz de tierra se repliega cuando algo la toca: el contacto podría ser una amenaza. Sin embargo, cada vez que la lombriz se arrastra hacia delante, hace que parte de su cuerpo sea tocado exactamente de la misma manera. Si a cada contacto se replegara, nunca podría moverse. La lombriz consigue avanzar al cancelar los efectos de estos contactos que ella misma produce.

Para todos los organismos existe una distinción entre el yo y el mundo externo, aunque solo sean capaces de verlo los espectadores. Asimismo, todos los organismos influyen en el mundo externo a ellos, ya registren este hecho o no. Aun así, muchos animales adquieren su propia vislumbre, su propio registro, de estos hechos, porque de otro modo la acción resultaría muy difícil. En cambio, las plantas tienen sentidos muy ricos, pero no se mueven. Las

bacterias sí lo hacen, pero sus sentidos simples no amenazan con enredarlas del modo que puede observarse en la lombriz de Merker.

Esta interacción entre percepción y acción se ve a su vez en lo que los psicólogos denominan *constancias perceptuales*[10]. Para nosotros, un objeto puede seguir siendo reconocible como el mismo objeto aunque cambie nuestro punto de vista sobre el mismo. Cuando nos acercamos o nos alejamos de una silla, por lo general no parece que esta aumente de tamaño, o se encoja, o se mueva, porque tácitamente compensamos los cambios de aspecto que se deben a nuestras acciones, junto con algunos otros que no se deben a nosotros, como las variaciones en las condiciones de iluminación, etcétera. Se observan constancias perceptuales en una gama relativamente amplia de animales, entre ellos los pulpos y algunas arañas, así como en los vertebrados. Es probable que dicha capacidad haya evolucionado de manera independiente en varios grupos distintos.

Otra ruta en la evolución de la experiencia conduce a la *integración*. A medida que llegan corrientes de información procedentes de los diferentes sentidos, son integradas en una única imagen. Esto queda muy patente en nuestro propio caso; experimentamos el mundo de una manera que integra lo que vemos con lo que oímos y tocamos. Por lo general, nuestra experiencia es la de una escena integrada.

Esto podría parecer inevitable, una consecuencia de tener ojos y oídos fijados al mismo cerebro, pero no sucede así. Es una manera de estar conectado y algunos animales no integran su experiencia como lo hacemos nosotros. Por ejemplo, en muchos animales los ojos se hallan a cada lado de la cabeza, no en la parte delantera de la misma. Así, los ojos poseen campos visuales separados, ya sea en gran parte o totalmente, y cada uno se conecta solo a un lado del cerebro. En un animal de este tipo, es fácil para los cien-

tíficos controlar a qué se halla expuesto cada lado tapando un ojo. De este modo, podemos plantear una pregunta que daría la impresión de que tiene una respuesta clara: si mostramos algo a solo un lado del cerebro, ¿acaso el otro lado adquiere también la información? Aquí no se trata de animales lesionados o alterados, de modo que los dos lados del cerebro mantienen todas sus conexiones naturales. Cabría pensar que la información debería abrirse paso al otro lado. ¿Por qué la evolución habría de organizar las cosas para que solo medio animal sepa lo que se ha visto? Sin embargo, cuando se estudió esta cuestión en palomas[11], resultó que la información *no* pasaba al otro lado. Se adiestró a las palomas para hacer una tarea sencilla con un ojo tapado y después se puso a prueba a cada paloma para que llevara a cabo lo mismo, pero obligándola a emplear el otro ojo. En un estudio en el que se utilizaron nueve palomas, ocho de ellas no mostraron ninguna «transferencia interocular». Lo que parecía ser una habilidad aprendida por el ave de una forma completa, en realidad solo podía realizarse por una parte de la misma; la otra desconocía el problema.

Estos experimentos se han llevado a cabo también con pulpos[12]. Un pulpo adiestrado para realizar una tarea visual en la que al principio no podía utilizar más que un ojo solo recordaba esta cuando se le ponía a prueba con el mismo ojo. Con un adiestramiento prolongado, podía realizarla empleando el otro ojo. Los pulpos se distinguían de las palomas porque algo de la información sí que pasaba al otro ojo y se diferenciaban de nosotros porque esto no ocurría fácilmente. En años más recientes, investigadores de animales como Giorgio Vallortigara, de la Universidad de Trieste[13], han descubierto varias «fisuras» parecidas en el procesamiento de la información relacionadas con la separación entre las dos mitades del cerebro. Diversas especies

parecen reaccionar más ante los depredadores que ven en el lado izquierdo de su campo visual. Algunas especies de peces, incluso renacuajos, prefieren situarse de manera que una imagen de otro pez de la misma especie se encuentre en su lado izquierdo. En cambio, varios animales perciben mejor lo que se halla en su lado derecho cuando el objetivo es detectar alimento.

Esta especialización puede presentar desventajas claras, pues deja al animal en un estado de vulnerabilidad frente al ataque por un lado o lo incapacita para encontrar comida por un lado. Sin embargo, Vallortigara y otros creen que esto podría tener un sentido. Si tareas diferentes requieren distintos tipos de procesamiento, puede ser mejor poseer un cerebro con lados especializados que se ocupen de cada una y no ligar estos demasiado.

Estos hallazgos nos recuerdan experimentos con humanos con el «cerebro dividido»[14]. En casos de epilepsia grave cortar el *corpus callosum*, el conector entre los hemisferios izquierdo y derecho que constituye la parte superior del cerebro humano, a veces ayuda al paciente. Las personas suelen comportarse de manera relativamente normal después de dichas operaciones y a los investigadores les llevó cierto tiempo darse cuenta de que ocurría algo inusual. Sin embargo, si las diferentes mitades del cerebro de un paciente así se exponen a estímulos distintos, suele surgir una desunión muy espectacular. La operación parece haber originado dos yoes diferentes, con experiencias y habilidades distintas, en un solo cráneo. En general, es el lado izquierdo del cerebro el que controla el lenguaje (pero no siempre) y, cuando le hablamos a un paciente con el cerebro dividido, es el lado izquierdo el que contesta. Aunque usualmente el lado derecho no posee capacidad para hablar, sí puede controlar la mano izquierda. De modo que es capaz de elegir objetos mediante el tacto y dibujar. En

varios experimentos, se proporcionan imágenes diferentes a cada lado del cerebro. Si a la persona se le pregunta qué ha visto, su respuesta verbal se corresponderá con lo que se mostró al lado izquierdo del cerebro, pero el lado derecho (que controla la mano izquierda) puede no estar de acuerdo. El tipo especial de fragmentación mental que se observa en los seres humanos con el cerebro dividido resulta ser una parte habitual de la vida de muchos animales.

Al parecer, los animales tienen muchas maneras de habérselas con esta situación. En el caso de las aves, la información visual entrante puede estar más fragmentada incluso de lo que estaba en estos experimentos que describí antes en los que se tapaba un ojo. En aves como las palomas, cada retina posee dos «campos» diferentes, el campo amarillo y el campo rojo. El campo rojo ve una pequeña área frente al ave cuando existe visión binocular y el campo amarillo ve un área mayor a la que el otro ojo no puede acceder. Las palomas no solo no pudieron transferir información entre los ojos, sino que tampoco se desenvolvieron muy bien a la hora de transmitirla entre diferentes regiones del *mismo* ojo. Marian Dawkins hizo un experimento sencillo[15], en el que mostraba un objeto nuevo (un martillo de juguete rojo) a gallinas, a las que se permitía acercarse y examinarlo. Encontró que las gallinas se acercaban a dicho objeto de una manera zigzagueante que parecía destinada a dar acceso al objeto a las diferentes partes de cada ojo. Esta, al parecer, es la manera en la que todo el cerebro consigue acceder al objeto. La mirada zigzagueante de un ave es una técnica destinada a repartir de forma adecuada la información entrante.

Hasta cierto punto, la unidad resulta inevitable en un agente vivo: un animal es un todo, un objeto físico que se mantiene vivo. Sin embargo, en otros sentidos, la unidad parece opcional, un logro, una invención. Unificar la expe-

riencia (incluso los mensajes de los dos ojos) constituye algo que la evolución puede hacer o no.

TEORÍAS REZAGADAS FRENTE A TRANSFORMACIÓN

El relato que estoy pergeñando cambia de forma gradual: a medida que sentir, actuar y recordar se hicieron más complejos, la percepción de la experiencia se volvió más sofisticada sobre la marcha. Nuestro propio caso nos muestra que la experiencia subjetiva no es un asunto de todo o nada. Conocemos estados semiconscientes de varios tipos, como cuando nos despertamos después de dormir. La evolución incluye un despertar a una escala de tiempo diferente[16].

Aunque quizá todo esto sea una equivocación. Un desarrollo gradual de la subjetividad desde formas sencillas y primitivas es una opción, pero quizá la mejor prueba que tenemos indica que no es este el caso, una prueba que procede de nuestro propio cerebro.

Un camino hacia esta opinión comienza con un accidente, un envenenamiento con monóxido de carbono procedente de un calentador de agua defectuoso, que, en 1988, produjo una lesión cerebral en una mujer conocida como DF. A causa del accidente, DF se sentía casi ciega. Perdió toda experiencia de las formas y de la disposición de los objetos de su campo visual. Solo quedaban vagas manchas de color. A pesar de ello, resultó que la mujer todavía podía *actuar* de manera muy eficaz con los objetos del espacio que la circundaba. Por ejemplo, era capaz de introducir cartas a través de una ranura situada en varios ángulos diferentes. Sin embargo, no podía describir el ángulo de la ranura, ni señalarla mediante una indicación. En lo que se refiere a la experiencia subjetiva, DF no podía ver la ranura, pero introducía la carta en ella sin equivocarse.

DF ha sido estudiada ampliamente por los científicos de la visión David Milner y Melvyn Goodale[17]. Relacionándola con otros tipos de lesión cerebral y con trabajos anteriores de anatomía, Milner y Goodale establecieron una teoría sobre lo que ocurre tanto en nosotros como en casos especiales (DF). Argumentan que existen dos «corrientes» por las que la información visual se desplaza en el cerebro. La *corriente ventral*, que adopta una ruta inferior a través del cerebro, está relacionada con la categorización, el reconocimiento y la descripción de objetos. La *corriente dorsal*, que transcurre por encima de la anterior, más cerca de la parte superior de la cabeza, está relacionada con el desplazamiento en tiempo real por el espacio (permite evitar obstáculos cuando se anda, introducir una carta en la ranura). Milner y Goodale aducen que nuestra experiencia subjetiva de la visión, la sensación del mundo visual, procede únicamente de la corriente ventral. La corriente dorsal realiza su tarea de forma inconsciente, tanto en DF como en nosotros. Después del accidente, DF perdió su corriente ventral, de ahí que se sintiera casi ciega, incluso cuando trataba de evitar los obstáculos que tenía delante.

Una interpretación somera de tales casos sostiene que necesitamos la corriente ventral para obtener alguna experiencia de lo que entra por nuestros ojos. Probablemente esto sea demasiado simple. Es probable que la visión de la corriente dorsal se perciba como algo, aunque esto no sea ver. Los detalles de estas dos «corrientes» resultan menos importantes que la enorme sorpresa que surge de este trabajo. Esta consiste en el hecho de que puede tener lugar un procesamiento relativamente complicado de la información visual (procesamiento que va desde los ojos, a través del cerebro, hasta las piernas o las manos) sin que el sujeto experimente nada de esto *como ver*. Milner y Goodale relacionan dicho descubrimiento con lo que describí antes

como la integración de la información sensorial. Piensan que la actividad en nuestro cerebro que conduce a la experiencia visual es la elaboración de un «modelo interno» coherente del mundo. Desde luego, parece razonable pensar que construir un modelo integrado de este tipo tiene efectos sobre la experiencia subjetiva. Pero ¿acaso sin dicho modelo no existe ninguna experiencia subjetiva?

Milner y Goodale discuten acerca de varios animales cuya percepción del mundo está menos integrada que la nuestra. En la década de 1960, David Ingle reconectó el sistema nervioso de algunas ranas[18] mediante cirugía (le ayudó el hecho de que este se regenera excepcionalmente bien). Entrecruzando algunas conexiones en el cerebro, pudo producir una rana que intentaba morder a una presa a su izquierda cuando esta en verdad se encontraba a la derecha y viceversa. Veía a la presa de una manera invertida izquierda-derecha. Sin embargo, esta nueva conexión de parte del sistema visual no afectó a toda la conducta visual de la rana. Las ranas actuaban de forma habitual cuando empleaban la visión para superar una barrera. Se comportaban como si algunas partes del mundo visual estuvieran invertidas y otras fueran normales. He aquí el comentario de Milner y Goodale:

> Así pues, ¿qué es lo que «veían» estas ranas reconectadas? No existe una respuesta razonable a esto. La pregunta solo tiene sentido si uno cree que el cerebro posee una única representación visual del mundo exterior que rige todo el comportamiento de un animal. Los experimentos de Ingle revelan que quizá esto no sea cierto.

Una vez que se acepta que una rana no tiene una representación integrada del mundo y que, en cambio, posee varias corrientes separadas que se encargan de distintos

tipos de sensaciones, no es necesario ya preguntarse qué ve la rana: en palabras de Milner y Goodale, «el misterio desaparece».

Quizá un misterio desaparece, pero se plantea otro. ¿Qué se siente al ser una rana que percibe el mundo en esta situación? Pienso que Milner y Goodale sugieren que no se siente *nada*. Aquí no hay experiencia porque la maquinaria de la visión de las ranas no realiza el mismo tipo de cosas que en nosotros y que origina la experiencia subjetiva.

Los comentarios de Milner y Goodale ilustran, en cierto modo, una idea que en la actualidad ya aceptan algunas de las personas que trabajan en esta área. Los sentidos hacen su tarea básica, se producen acciones y todo ocurre «en silencio» en lo que concierne a la experiencia del organismo. Después, en algún estadio de la evolución, aparecen capacidades adicionales que hacen surgir la experiencia subjetiva: las corrientes sensoriales se unen, surge un «modelo interno» del mundo y se produce un reconocimiento del tiempo y del yo.

Lo que experimentamos, según esta hipótesis, *es* el modelo interno del mundo que las actividades complejas producen y mantienen en nosotros. La sensación empieza *aquí* (o, al menos, comienza a surgir cuando aparecen estas capacidades) en el cerebro de monos y simios, delfines, quizá en otros mamíferos, y en algunas aves. Cuando pensamos que animales más simples tienen experiencia subjetiva, según esta hipótesis, estamos proyectando en ellos una versión más vaga de nuestro *propio* tipo de experiencia. Esto es un error porque nuestra experiencia se basa en características de las que ellos simplemente carecen.

Una hipótesis como esta la ha defendido el neurocientífico Stanislas Dehaene[19], cuyo laboratorio en las inmediaciones de París ha realizado algunos de los trabajos más incisivos sobre este tema a lo largo de los últimos veinte

años. Dehaene y sus colaboradores han pasado mucho tiempo considerando la percepción en el borde mismo de la consciencia: imágenes que vienen y van demasiado deprisa para que los sujetos sepan que las están viendo (o que se presentan mientras se ha desviado su atención) y que, sin embargo, influyen en lo que el sujeto piensa y hace. Resulta que, a menudo, procesamos esta información no experimentada de maneras muy complejas. Por ejemplo, se pueden emitir secuencias de palabras con tanta rapidez que el sujeto no tiene la menor idea de que se le mostraron. Sin embargo, secuencias con significados incongruentes (como «una guerra muy feliz») son registradas por el cerebro de manera diferente a como lo son combinaciones con significados más razonables: «una guerra no feliz». Cabría pensar que es necesario el pensamiento consciente para distinguir dichos significados, aunque no es así.

Podemos hacer mucho con la consciencia, piensa Dehaene, pero existen algunas cosas que no somos capaces de llevar a cabo. No podemos realizar inconscientemente una tarea nueva, en lugar de rutinaria, y que nos exige una serie de actos, paso a paso. De forma inconsciente somos capaces de aprender asociaciones entre experiencias (aprender a esperar A cuando vemos B), pero solo si B y A aparecen muy juntos. Una vez que hay un hiato importante entre ellos, solo conseguimos aprender por asociación si somos conscientes de ello. Podemos aprender a parpadear cuando vemos una luz y esta última es seguida por una ráfaga de aire que nos produce irritación, pero solo si la luz y la ráfaga se emiten muy juntas. Cuando la luz y la ráfaga están separadas por un segundo, más o menos, la asociación no puede aprenderse de manera inconsciente. Lo que hemos conseguido saber a lo largo de estos últimos treinta años, piensa Dehaene, es que existe un *estilo* particular de procesamiento (que usamos para tratar de forma especial

con *el tiempo, la secuencia* y *la novedad*) que lleva consigo un conocimiento consciente, mientras que otras muchas actividades muy complejas no lo hacen.

Hacia finales de la década de 1980, en uno de los nuevos intentos de explicar la consciencia, el neurocientífico Bernard Baars introdujo la teoría del *espacio de trabajo global*. Baars sugería que somos conscientes de la información que se ha llevado a un «espacio de trabajo» centralizado en el cerebro[20]. Dehaene adoptó y desarrolló esta idea. Un conjunto de teorías relacionadas afirma que somos conscientes de cualquier información que se introduzca en la *memoria a corto plazo*, un modo especial de memoria que contiene un almacén inmediato de imágenes, palabras y sonidos con los que podemos razonar y aplicarlos a problemas. Jesse Prinz[21], mi colega de la Universidad de la ciudad de Nueva York, ha defendido una hipótesis similar. Si pensamos que se necesita un espacio de trabajo global de esta clase para la experiencia subjetiva, o un modelo especial de memoria, o algún otro mecanismo parecido, consideraremos que únicamente los cerebros complejos que se asemejen bastante al nuestro pueden originar experiencias que sientan algo. Tal vez este tipo de cerebro se encontrará fuera de las personas, pero quizá nada más que en mamíferos y en aves. El resultado se traduce en lo que yo denomino teorías *rezagadas* sobre la experiencia subjetiva[22]. Estas teorías no afirman que las luces se encendieron mediante un fogonazo repentino, pero sí sostienen que el «despertar» llegó tarde en la historia de la vida y que se debió a características que claramente solo se observan en animales como nosotros.

Cuando antes he descrito varias de estas teorías, entre ellas las de Baars, Dehaene y Prinz, he dicho que eran teorías de la *consciencia*. He utilizado este término porque es la palabra que dichos autores emplean. A veces resulta

difícil deducir cómo estas teorías se relacionan con mi propio objetivo aquí: experiencia subjetiva en un sentido muy amplio. Yo trato la experiencia subjetiva como una categoría amplia y la consciencia como una teoría más estrecha dentro de la anterior: no todo lo que un animal puede *percibir* ha de ser *consciente*. Entonces una persona podría decir que un «espacio de trabajo global» es necesario para la consciencia sin que se requiera para el tipo más básico de experiencia subjetiva. Esto no solo es posible, sino que, de algún modo, me parece cierto. En la literatura que describo aquí suele ser difícil descubrir qué es lo que la gente piensa acerca de esto. Sin embargo, varios de ellos creen que no hay distinción entre la consciencia y la experiencia subjetiva[23]; dicen que nos proporcionan una teoría de cuándo una actividad mental *se percibe como algo*.

El trabajo que inspira las teorías rezagadas de la experiencia nos ha permitido avanzar mucho. Gente como Dehaene ha encontrado una manera para *abordar* el estudio de la consciencia humana, una ruta de un tipo que no hace muchos años parecía una fantasía. No hemos de mantenernos fieles a una imagen alternativa por el simple hecho de que sea más generosa o parezca adecuada. Sin embargo, sí que pienso que pueden esgrimirse argumentos en contra de la teoría rezagada y ciertamente existe una alternativa que debe tenerse en cuenta. A esta la denomino teoría de la *transformación*. Viene a decir que una forma de experiencia subjetiva precedió a cosas que surgieron con posterioridad, como la memoria a corto plazo, los espacios de trabajo, la integración de los sentidos, etcétera. Dichas complejidades, cuando aparecieron, transformaron cómo es ser un animal. La experiencia ha sido remodelada por estas características, pero no fue producida por ellas.

El mejor argumento que puedo ofrecer para esta concepción alternativa se basa en el papel en nuestra vida de

lo que parecen ser formas antiguas de experiencia subjetiva que surgen como *intromisiones* en procesos mentales más organizados y complejos. Considérese la irrupción de un dolor repentino[24] o de lo que el fisiólogo Derek Denton denomina *emociones primordiales:* sensaciones que registran estados y deficiencias corporales importantes, como la sed o la sensación de no tener aire suficiente. Tal como dice Denton, estas sensaciones poseen un papel «imperioso» cuando se presentan: invaden la experiencia y no pueden ignorarse fácilmente. ¿Acaso piensa el lector que todo esto (dolor, falta de aire, etcétera) *solo se siente como algo* por el procesamiento cognitivo complejo en los mamíferos que ha surgido tarde en la evolución? Lo dudo. En cambio, parece plausible que un animal pueda sentir dolor o sed sin tener un «modelo interno» del mundo o unas formas elaboradas de memoria.

Reparemos en el caso del dolor. Se podría decir en un principio que resulta evidente que incluso los animales simples responden al dolor de una manera que indica que lo sienten cuando se retuercen o se mueven con angustia. Sin embargo, las cosas no son tan claras. Muchas respuestas al daño corporal que dan la impresión de implicar dolor probablemente no lo hacen. Por ejemplo, ratas con la médula espinal cortada (y, por lo tanto, sin un canal procedente del lugar de la lesión corporal hasta el cerebro) pueden mostrar algo parecido al «comportamiento de dolor» y hasta mostrar una forma de aprendizaje que responde al daño. Varias respuestas reflejas en animales podríamos entenderlas como dolor, porque sentimos empatía con ellos. Hemos de ir más allá de estas meras apariencias.

Por suerte, podemos hacerlo. La prueba más reveladora se basa en comportamientos relacionados con el dolor que son demasiado flexibles para desecharlos como reflejos, aunque los animales en cuestión tengan un cerebro

muy diferente del nuestro, y no es probable que cumplan los requisitos de las teorías «rezagadas». He aquí un ejemplo: se puso a prueba a peces cebra para observar, entre dos ambientes, cuál preferían. Después se les inyectó una sustancia que se suponía que producía dolor y, en algunos casos, el ambiente por el que menos se inclinaban tenía un analgésico disuelto en el agua. Los peces preferían ahora este ambiente, pero solo cuando contenía el analgésico disuelto. Realizaron una elección que normalmente no harían y en una situación en la que la idea de un *ambiente* más doloroso o menos doloroso sería muy nueva para ellos: la evolución no podía haberlos preparado con una reacción refleja ante dicha situación.

De manera parecida, en un estudio con gallinas, las aves con patas lesionadas elegían un alimento que en general hubiera sido menos de su agrado, siempre y cuando contuviera analgésicos. Robert Elwood ha realizado experimentos similares con cangrejos ermitaños, los pequeños cangrejos que viven en conchas de diversos moluscos. Los cangrejos ermitaños son artrópodos, parientes de los insectos. Elwood aplicaba pequeñas descargas eléctricas a los cangrejos y descubrió que podía inducirlos a abandonar su concha mediante una descarga. Aunque no siempre: eran más reacios a salir de una concha de calidad alta que de otra que fuera peor: las descargas debían ser más intensas para que dejaran la concha del primer tipo. Al mismo tiempo, eran más propensos a tolerar la descarga cuando en el ambiente se olía a un depredador y la concha resultaba más valiosa como protección.

Pruebas como estas no sugieren que *todos* los animales sientan dolor. Los insectos pertenecen al mismo gran grupo animal (los artrópodos) que los cangrejos. Los insectos dan la impresión de comportarse con normalidad, hasta el punto de que pueden manifestarlo físicamente, incluso

después de sufrir heridas bastante graves. No cuidan, ni protegen las partes lesionadas de su cuerpo, sino que continúan haciendo lo que hacían. En cambio, los cangrejos y algunos camarones atienden las zonas heridas. Sí, todavía se puede poner en entredicho que estos animales sientan algo y también dudar del vecino de la puerta de al lado. El escepticismo siempre es posible, pero aquí parece haber pruebas suficientes. Dichos resultados respaldan en efecto una hipótesis del dolor como una forma básica y extendida de experiencia subjetiva presente en animales con un cerebro muy diferente del nuestro.

En este contexto, existen formas primitivas y sencillas de experiencia subjetiva que después se transforman a medida que la evolución produce sistemas nerviosos más complejos. Con esta transformación, se añaden nuevas capacidades (como tipos de memoria sofisticada) que tienen un lado subjetivo, mientras que otras cosas que antaño contribuyeron a la experiencia pueden llevarse a un segundo plano. ¿Cómo podríamos imaginar las formas más primitivas? Esto quizá resulte imposible, pues nuestra imaginación está atada a nuestras complicadas mentes actuales; pero intentémoslo.

El título de este capítulo toma prestada una frase de un artículo de Simona Ginsburg y Eva Jablonka[25]. Estas dos científicas israelíes que trabajan en campos distintos de la biología escribieron un artículo no hace mucho en el que pretendían esbozar los orígenes evolutivos de la experiencia subjetiva. En un punto de su artículo tratan de ofrecer una descripción de la experiencia en un animal más simple y remoto: *ruido blanco*. Imagine el lector un zumbido poco diferenciado como el inicio de todo.

Vuelvo una y otra vez a esta metáfora cuando intento enfrentarme a este tema. *Es* una metáfora, desde luego, una metáfora de sonido aplicada a organismos que, al menos

en la mayoría de los casos, probablemente no podían oír de ningún modo. No estoy seguro de por qué la imagen se me impone con tanta contundencia. De alguna manera, parece señalar en la dirección correcta, con su evocación de un chisporroteo de electricidad metabólica y la *forma* del relato que sugiere. En este relato la experiencia empieza con un zumbido incipiente que se vuelve más organizado.

En nuestro caso, mirando en nuestro interior, encontramos que la experiencia subjetiva se asocia de forma estrecha con la percepción y el control: con emplear lo que percibimos para deducir qué hay que hacer. ¿Por qué tendría que ser así? ¿Por qué la experiencia subjetiva no debería estar asociada con otras cosas? ¿Por qué no se halla repleta de ritmos corporales básicos, de la división celular, de la misma vida? Algunas personas dirían que sí que *está* muy llena de estas cosas; de todas formas, más de lo que imaginamos. Yo no lo creo y sospecho que aquí hay una clave. La experiencia subjetiva no surge del simple funcionamiento del sistema, sino de la modulación de su estado, de registrar lo que importa. Esto no tiene por qué traducirse en sucesos externos; podría surgir internamente. Sin embargo, se le sigue la pista porque es importante y requiere una respuesta. La percepción tiene *algo* que ver con ello. No se trata solo de un baño en la actividad de la vida.

Ginsburg y Jablonka imaginaron que su «ruido blanco» fue la primera forma de experiencia subjetiva. Sin embargo, quizá el ruido blanco se corresponde con la *ausencia* de experiencia; es lo que estaba presente antes de que surgiera la experiencia subjetiva. tal vez esta distinción lleve la metáfora demasiado lejos. En cualquier caso, a partir de un estado como este surgieron las formas más antiguas de experiencia subjetiva, formas conectadas con las emociones primordiales, con el dolor y el placer, sentimientos ante los que hay que reaccionar.

Si esto es correcto, pueden extraerse algunas conclusiones provisionales acerca de los primeros animales con sistema nervioso que se discutieron en el capítulo 2. Supongamos que es cierto que gran parte del trabajo realizado por los sistemas nerviosos muy primitivos consistía solo en aunar esfuerzos del animal y en hacer posible la acción coordinada. La contracción pautada de una medusa que nada es un ejemplo actual y la vida tranquila que pudieron haber vivido los animales del Ediacarense se encuentra asimismo en esta categoría. Aquí un sistema nervioso actúa sobre todo para generar y mantener una actividad y la modulación de dicha actividad constituye un actor mucho menor. Si es así, quizá esta sea una forma de vida animal que no se siente como nada en absoluto. El Cámbrico (con todas sus formas más ricas de relación con el mundo)[26] habría sido entonces donde empezó la experiencia sencilla.

Este comienzo no habría sido un acontecimiento único, ni siquiera un solo proceso extendido que ocurrió en una ruta evolutiva. Por el contrario, se habrían dado diferentes procesos que se produjeron en paralelo. En el Cámbrico, muchos de los distintos tipos de animales que he comentado en ese capítulo ya se habían bifurcado unos de otros; las bifurcaciones tuvieron lugar probablemente en el Ediacarense, cuando todo se encontraba más tranquilo. En el Cámbrico, los vertebrados ya estaban en su propia ruta (o en su propia colección de rutas), mientras que los artrópodos y los moluscos se hallaban en otras. Supongamos que es cierto que cangrejos, pulpos y gatos posean todos una experiencia subjetiva de algún tipo. Entonces hubo al menos tres orígenes separados para esta característica[27] y quizá se produjeran muchos más de tres.

Con posterioridad, cuando la maquinaria descrita por Dehaene, Baars, Milner y Goodale se conecta, surge una perspectiva integrada sobre el mundo y un sentido más

definido del yo. Entonces alcanzamos algo más cercano a la *consciencia.* No considero que esto sea un paso único y definido. En cambio, creo que «consciencia» es un término confuso y que ha sido usado en exceso, pero útil para formas de experiencia subjetiva unificadas y coherentes de diversas maneras. También aquí es probable que una experiencia de este tipo surgiera diversas veces en diferentes rutas evolutivas: desde el ruido blanco, pasando por formas sencillas y antiguas de experiencia, hasta la consciencia.

EL CASO DE LOS PULPOS

Volvamos ahora al pulpo, nuestro animal insólito e históricamente importante[28]. ¿Cómo encaja en todo esto? ¿Cómo podría ser *su* experiencia?

Un pulpo es, ante todo, un organismo con un sistema nervioso grande y un cuerpo complejo y activo. Posee ricas capacidades sensoriales y extraordinarias aptitudes para el comportamiento. Si existe una forma de experiencia subjetiva que acompañe la percepción y la actuación en un sistema vivo, un pulpo la tiene en un alto grado. Sin embargo, esto no es todo. Con su forma escurridiza y alienígena, el pulpo presenta algunos de los perfeccionamientos, algunos de los pasos que van más allá de lo básico, descritos en este capítulo.

Los pulpos o, al menos, algunas especies de ellos poseen un estilo de interacción con el mundo oportunista y explorador: son curiosos, aceptan la novedad, se muestran versátiles en su comportamiento, al igual que su cuerpo. Estas características recuerdan lo que Stanislas Dehaene asocia con la consciencia en la vida mental humana. Tal como dice Dehaene, las exigencias de novedad nos hacen saltar

de la rutina inconsciente a la reflexión consciente. Las exploraciones de un pulpo están mezcladas unas veces con precaución y otras con una sorprendente temeridad. En el capítulo anterior indiqué que mi colaborador (Matt Lawrence), que buceaba cerca de Octópolis, encontró un pulpo que le tomó de la mano y lo condujo por el fondo marino mientras lo remolcaba. No tenemos ni idea de por qué pudo haber hecho esto. Por el contrario, una vez, mientras yo buceaba en otro lugar, flotaba sobre el fondo del mar, agarrado a este con algunos dedos de una mano mientras fotografiaba minúsculos nudibranquios. Me di cuenta de que había algo debajo y vi que un único y grácil brazo de pulpo se extendía lentamente hacia mis dedos sobre el fondo, desde una mata de algas cercana a mí. El pulpo se encontraba hecho un ovillo en el alga, con la mayor parte de su cuerpo oculto, pero con un ojo visible a través de un agujero, y extendía cautamente un brazo mientras me observaba. Este era un acto de exploración, acompañado de lo que parecía ser una gran atención, pues me mantenía a la vista mientras el brazo se extendía. Yo era un objeto nuevo de importancia incierta. El alga proporcionaba tanto escondite como un agujero por el que mirar. Desde este refugio, el pulpo lanzó un brazo para inspeccionar, quizá para probar.

Antes comenté las *constancias perceptuales*. Se trata de las capacidades que un animal posee para volver a identificar objetos a pesar de los cambios en las condiciones de observación: distancia, iluminación, etcétera. El animal no ha de tener en cuenta el aporte de su propia situación y perspectiva para identificar el objeto propiamente dicho. Psicólogos y filósofos asocian a menudo esta capacidad con formas de percepción sofisticadas, en oposición a las formas rudimentarias. Las constancias perceptuales demuestran que un animal percibe los objetos externos *como*

objetos externos: como objetos que pueden permanecer iguales mientras el punto de vista del animal varía. En un antiguo experimento de 1956 se enseñó a algunos pulpos a acercarse a determinadas formas y a evitar otras[29]. En algunos de los experimentos, la diferencia más relevante se producía entre formas cuadradas pequeñas y grandes. El pulpo se encontraba en un tanque, se introducía un cuadrado en el otro extremo y el pulpo tenía que acercarse a algunos cuadrados (para tener una recompensa) y no aproximarse a otros (se le castigaba entonces con una descarga eléctrica). Esta era la rutina y los pulpos pudieron seguirla. Los investigadores dicen, casi de pasada, que en «varias» ocasiones al pulpo se le presentaba el cuadrado pequeño a la mitad de la distancia usual de su cuerpo. Entonces, el cuadrado pequeño parecía inicialmente mayor (o, al menos, el tamaño de la forma cuadrada en su retina sería mayor). En cada una de estas pruebas, dicen quienes llevaban a cabo el experimento, el pulpo ejecutó la acción correcta para el tamaño real del cuadrado. El pulpo pudo prescindir del cambio que producía la distancia.

Algo que sorprende de este informe es que se trata de una observación muy importante y, sin embargo, no ocupa más que una breve mención en el artículo. No se presentan cifras para los casos que se pusieron a prueba para la constancia perceptual y no parece que nadie siguiera con esta hipótesis. Si se acepta el hallazgo, este demuestra que los pulpos poseen al menos algunas constancias perceptuales. Lo mismo, aparentemente, ocurre con algunos otros invertebrados, abejas melíferas y varias arañas; este no es uno de los únicos logros de los pulpos entre los invertebrados.

Los pulpos también son buenos a la hora de navegar. Siempre que veo a un pulpo que sale de su cubil, lo sigo, si puedo, y así he llevado a cabo un buen número de recorridos. Si no me acerco demasiado cuando deambulan y ex-

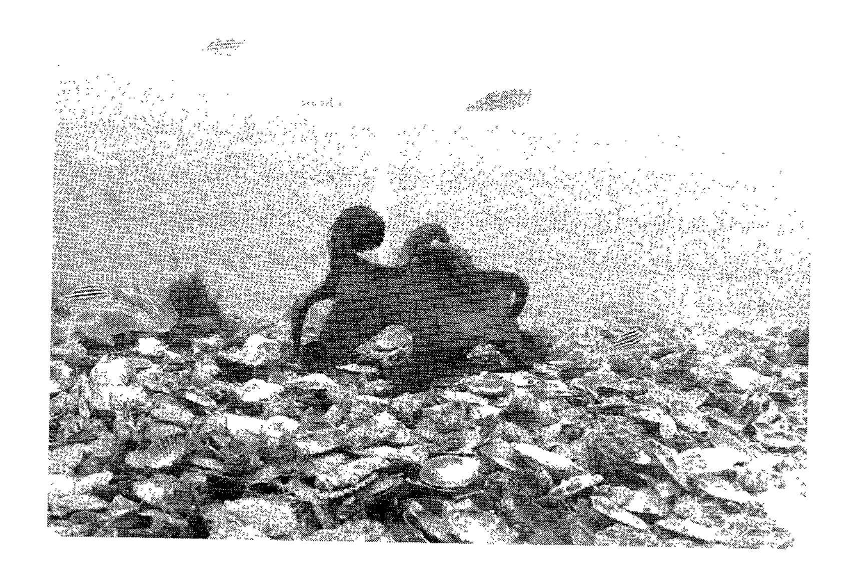
ploran, los pulpos no suelen prestarme ninguna atención. Por lo general, buscan comida y esto los obliga a realizar largos paseos que acaban con el retorno a su guarida. A veces me sorprende lo bien que lo hacen, pues su recorrido puede durar unos quince minutos o más, mientras se desplazan por el agua casi turbia. Si salen de su guarida en una dirección, pueden volver a ella desde otra. El paseo tiene la forma de una trayectoria circular, no de una ruta de ida y vuelta. Hace algunos años, Jennifer Mather elaboró un estudio detallado de este tipo de comportamiento[30]: observó a un pulpo en el Caribe cuando este realizaba recorridos de caza y cartografió recorridos circulares de esta clase. No se sabe cómo los pulpos lo consiguen: qué puntos de referencia, guías y recuerdos utilizan. Sin embargo, algunas especies de pulpos son muy buenas navegantes.

Recuerde de nuevo el lector que nuestro antepasado común más reciente (un animal vermiforme del Ediacarense) casi con toda seguridad no poseía ninguna de dichas habilidades. Al parecer, una vez que un animal empieza a llevar una vida activa y móvil, llena de movimiento controlado, dirigido a objetivos y rápido, existen unas formas de ver el mundo y de habérselas con él con más sentido que otras. Distintos animales han producido por evolución, de manera independiente, constancias perceptuales. Aunque en algunos aspectos han de ver el mundo de modo no muy similar a como lo hacemos nosotros, los pulpos se comportan con respecto al mismo mediante la identificación y la reidentificación de objetos y manifiestan un cierto control sobre una distinción entre el yo y lo otro. Cuando uno se halla cerca de un pulpo, es imposible no pensar que también él puede dirigir una considerable *atención* a los objetos, en especial a los nuevos.

En el apartado anterior discutí algún trabajo sobre el comportamiento del dolor en peces, gallinas y cangrejos. No es fácil intentar establecer cómo se relacionan los pulpos con el dolor. En Octópolis, nuestro lugar en Australia, una vez filmamos una gran cantidad de vídeo de un pulpo macho dedicado a una serie de interacciones agresivas, a vagar y a luchar con otros pulpos. A menudo «se erguía», sobre las patas estiradas, y a veces levantaba mucho su extremo posterior por encima de su cabeza. Pensamos que lo hacía para aparentar ser tan grande como fuera posible; dichas exhibiciones solían ser precursoras de un ataque a otro pulpo. Una vez, cuando tenía el cuerpo en esta posición, un pez pequeño, pero agresivo (un monacántido), se abalanzó sobre él y mordió su parte posterior. He aquí el mordisco tal como ocurrió con el pez en la parte superior del centro:



El pulpo respondió de una manera muy parecida a como lo hubiera hecho un ser humano: con un brinco sobresaltado y con los brazos extendidos en todas direcciones:



Después, se dirigió enseguida a pelearse con otros pulpos. El mordisco nos benefició, pues dejó una marca visible con la que pudimos identificar a este animal en concreto desde una cierta distancia durante el resto de aquel recorrido.

Como hemos visto, algunos animales cuidan y protegen un lugar herido de su cuerpo. Nuestro pulpo mordido en la parte posterior no lo hizo. Su respuesta inicial sugería que en verdad había sentido el mordisco, pero los efectos ulteriores no se pudieron detectar. Sospechamos que ello se debió a que fue una herida menor y a que se encontraba atareado con las actividades pugilísticas que desarrollaba. Un artículo reciente escrito por Jean Alupay y sus colegas[31] estudia detenidamente los comportamientos relacionados con el dolor, sin excluir el cuidado de la

herida, en otra especie de pulpo. Existían motivos para esperar cosas raras, porque algunos pulpos, incluida la especie de Alupay, muerden sus propios brazos, cuando es necesario, para escapar de los depredadores. El estudio descubrió que los pulpos a los que aplastaron sus brazos (no *demasiado*) en un experimento amputaron estos en algunos casos, no en todos, y cuidaron y protegieron la zona herida durante un cierto tiempo. Tal como ya indiqué, el cuidado y la protección suelen ser indicadores de dolor.

En el caso de los pulpos, todo lo relacionado con la experiencia se complica debido a las relaciones inusuales entre el cerebro y el cuerpo. Supongamos que el pulpo tiene una especie de control mixto sobre lo que hacen sus brazos, una interpretación avalada por los experimentos de comportamiento que se discutieron en el capítulo 3. Los pulpos, cuando desarrollaron sus complejas capacidades de conducta, optaron por una delegación parcial de autonomía a sus brazos. Como resultado, dichos brazos están repletos de neuronas y parecen capaces de controlar localmente algunas acciones. Si tenemos en cuenta esto, ¿cómo puede ser la experiencia de los pulpos?

Tal vez los pulpos se hallen en una especie de situación híbrida. Para un pulpo, sus brazos son, en parte, *yo:* pueden dirigirse y usarse para manipular cosas. Sin embargo, desde la perspectiva del cerebro central, también son, en parte, *no yo*; actúan por su cuenta.

Consideremos algunas analogías con nuestro caso, empezando con actos como parpadear y respirar[32]. Estas actividades ocurren normalmente de forma involuntaria, pero, si atendemos a ellas, podemos ejercer un control sobre las mismas. Los movimientos de los brazos de un pulpo tienen algo parecido a esta combinación. La analogía resulta incompleta, pues la respiración, aunque en general se produce de un modo involuntario, puede someterse a un con-

trol muy minucioso cuando uno interviene para respirar de forma voluntaria. Se emplea la atención para hacerse cargo de lo que habitualmente constituye un proceso automático. En los pulpos, si se admite la interpretación del control mixto, el sistema central de guía de los movimientos nunca es completo y el sistema periférico siempre tiene algo que decir. Para expresarlo de una manera demasiado antropomórfica: extenderíamos deliberadamente un brazo y *esperaríamos* a que el ajuste de precisión local funcionara bien.

Así, pues, la acción por parte de un pulpo mezclaría elementos que suelen ser distintos, o al menos lo parecen, en animales como nosotros. Cuando actuamos, la frontera entre el yo y el ambiente suele ser muy clara. Por ejemplo, si movemos el brazo, lo controlamos tanto en su recorrido general como en muchos detalles sutiles de sus movimientos. Otros objetos del ambiente no se encuentran en absoluto bajo nuestro control directo, aunque pueden ser movidos indirectamente mediante la manipulación de nuestras extremidades. Los movimientos incontrolados por parte de un objeto que se halle junto a nosotros son por lo general un indicio de que este no forma parte de nosotros (con excepciones parciales para reflejos rotulianos y similares). Si fuéramos un pulpo, estas distinciones quedarían desdibujadas. Hasta cierto punto guiaríamos nuestros brazos y solo los veríamos moverse.

Contar el relato de esta manera es hacerlo desde la atalaya privilegiada del «pulpo central». Esto quizá se trate de un error. Además, yo podría suponer un contraste demasiado simple con el caso humano. Cuando una persona consigue tocar bien un instrumento musical, existen varias acciones (incluidos los ajustes) que se vuelven muy rápidas para poder ser controladas de una manera consciente. Bence Nanay, un filósofo radicado en Amberes, me envió también

una interpretación bastante distinta de la comparación pulpo-ser humano. Bence piensa que algunas relaciones que parecen extrañas y nuevas en el caso del pulpo también están presentes en los seres humanos, si las buscamos con suficiente interés. Por lo general, son invisibles para nosotros, pero están ahí[33]. Supongamos que el lector intenta alcanzar un objeto con su mano. Si la localización o el tamaño del objeto al que quiere llegar se modifican de repente, el movimiento de la mano cambia con suma rapidez, en menos de una décima de segundo. Esto es tan rápido que resulta inconsciente. Los sujetos de experimentos no advierten el cambio: no se dan cuenta de que *han* modificado su propio movimiento ni perciben el cambio en el objeto. Cuando digo «sujetos» de estos experimentos quiero indicar que, si se pregunta a la persona si hubo una modificación, dirá que no: no nota el cambio, pero su brazo altera su recorrido.

Como en el pulpo, existe una decisión de arriba abajo para extender la mano, pero también un ajuste sutil rápido e inconsciente. En el caso del pulpo, el ajuste sutil es mayor (es algo más que simple ajuste sutil) y no solo ocurre rápidamente. El pulpo podría contemplar cómo deambulan algunos de los brazos, como si fuera un espectador. En nosotros, tales ajustes se producen de forma demasiado rápida para poderlos ver.

En el caso de los seres humanos, estos rápidos ajustes del brazo proceden del cerebro y son guiados visualmente. En los pulpos, los movimientos están guiados por los sentidos químicos y táctiles del propio brazo, no por la visión (aunque en el capítulo siguiente matizaré esta afirmación; el asunto todavía no está claro). En suma, la interpretación de Nanay consiste en que el pulpo se presenta como un ejemplo extremo de algo que también se da en la acción humana, aunque de una forma más

leve y menos manifiesta. En los seres humanos, se produce una orden de arriba abajo y después el añadido de cualquier ajuste sutil que se necesite. En el pulpo, probablemente existe una interacción continua entre las órdenes procedentes del centro y las decisiones en la periferia. El brazo se extiende, deambula y el pulpo podría responder ajustando (quizá utilizando la atención, ejerciendo algo de la fuerza de voluntad del pulpo) para redirigir el brazo y mantenerlo en el buen camino.

En el artículo sobre «cognición personificada» que cité anteriormente[34], Hillel Chiel y Randy Beer contrastan una hipótesis antigua y una nueva de cómo funciona la acción. Según la hipótesis antigua, el sistema nervioso es el «director del cuerpo, que elige el programa para los músicos y dirige exactamente cómo estos actúan». En lugar de ello, dicen estos autores, «el sistema nervioso es uno más de un grupo de músicos dedicados a la improvisación de jazz y el resultado final surge del continuo toma y daca entre ellos». No estoy convencido de esto como afirmación general; creo que subestima el papel del sistema nervioso en la mayoría de animales, al considerarlo como un músico entre muchos. Sin embargo, en el caso del pulpo, quizá esta metáfora sí resulta adecuada. Ahora el contraste no se origina entre el sistema nervioso y el cuerpo, sino entre el cerebro central y el resto del organismo, que posee su propia organización nerviosa.

En el pulpo existe un director, el cerebro central. Sin embargo, los músicos a los que dirige son músicos de jazz, inclinados a la improvisación, que solo aceptarán la dirección hasta cierto punto. O quizá son músicos que reciben solo instrucciones generales y esquemáticas del director, que confía en ellos a la hora de tocar algo que funcione.

5
CREANDO COLORES

LA JIBIA GIGANTE

En el capítulo 1 nos encontramos con un animal que se cernía bajo un saliente en el océano. A medida que se movía, cambiaba de color en cuestión de segundos. Un color rojo oscuro inicial desveló manchas de gris y venas plateadas. Azules y verdes se filtraban hacia delante y hacia atrás sobre los brazos. En este capítulo, volvemos al agua con este animal y con sus incesantes transformaciones.

Una jibia o sepia gigante es como un pulpo fijado a un aerodeslizador. Su dorso presenta una forma que recuerda al caparazón de una tortuga, una cabeza prominente y ocho brazos que surgen directamente de la cabeza. Los brazos son casi como los de los pulpos: flexibles y no articulados, con ventosas. Cuando nos hallamos frente a una jibia, puede parecer que estos brazos se encuentran dispuestos de manera más o menos horizontal, pero se sitúan alrededor de la boca y, al igual que los brazos de un pulpo, se puede pensar en ellos como en ocho labios enormes y diestros. Ubicados cerca de la boca hay dos «tentáculos alimentarios», que pueden extenderse con rapidez para capturar presas. El cuerpo de una jibia no posee espina ni verdaderos huesos, pero existe un «jibión» rígido, cuyo aspecto es el de la parte inferior de una tabla de surf, localizado den-

tro del dorso que parece un escudo. Este último está bordeado a cada lado por una aleta similar a una falda de algunos centímetros de ancho. Una jibia se desplaza con lentitud ondulando estas aletas. Cuando quiere moverse rápidamente emplea la propulsión a chorro mediante un «sifón», emplazado en la parte inferior del cuerpo, que puede dirigirse en cualquier dirección. La mayoría de jibias son pequeñas y miden algunos centímetros. Sin embargo, una jibia gigante llega a alcanzar hasta un metro de longitud.

Este animal en concreto sí tiene un metro de longitud y posee una piel que puede adoptar casi cualquier color, así como cambiarlo en cuestión de segundos, a veces en menos de un segundo. Delgadas líneas plateadas deambulan por su cabeza, como si el animal estuviera visiblemente electrificado. Las líneas eléctricas hacen que la jibia parezca una nave espacial que planea. Sin embargo, la disrupción de las impresiones del observador, de todos los intentos por dotar de sentido al animal, resulta continua. Mientras lo contemplamos, de sus ojos surgen rastros de color rojo vivo. ¿Una nave espacial que llora lágrimas de sangre?

Los cefalópodos, en general (no todos, pero sí muchos de ellos), cambian de color con mucha facilidad. En este grupo asombroso, las jibias gigantes son quizá la cúspide o, al menos, las que más usan el color. Un cierto grado de cambio de color no resulta raro en la naturaleza; muchos animales pueden modular su color superficial hasta cierto punto. Los camaleones representan el ejemplo más común. Sin embargo, los cefalópodos son más rápidos y crean una gama más amplia de colores. En el caso de las grandes jibias, todo el cuerpo se convierte en una pantalla sobre la que juegan los patrones o diseños de color. Estos no se presentan únicamente como una serie de instantáneas, sino también como formas móviles parecidas a bandas y a nubes. Estos animales dan la impresión de ser inmensamen-

te *expresivos,* son animales que tienen mucho que decir. Si es así, ¿qué es y a quién se dirigen?

La jibia gigante es también extraordinaria en otro sentido: ¡cómo desconcierta encontrar cordialidad en un animal salvaje grande! No me refiero a una simple aceptación de la presencia de un ser humano, sino a una participación activa, a un animal que establece contacto con un ser extraño. Esto no es habitual en las jibias gigantes, pero tampoco parece raro. Muy a menudo encontramos en ellas una afable curiosidad. El animal se acercará, con su piel con un patrón suave, «reposado», de colores y formas. La jibia se cernerá muy cerca, en apariencia para deducir qué somos.

Se trata de animales que se han estudiado poco, que no han sido mantenidos en cautividad con mucha frecuencia. Alexandra Schnell, una de las pocas personas que los ha examinado detenidamente en el laboratorio[1], señala que muestran atisbos de las mismas respuestas complejas frente a la cautividad que se han observado en los pulpos. Lanzan a los visitantes chorros de agua bien dirigidos desde sus sifones. Además, las jibias gigantes dan la impresión de ser incluso más enigmáticas y de pertenecer a un mundo distinto al de los pulpos, sus parientes. Poseen un cerebro grande, tanto en términos absolutos (gran tamaño) como en proporción a la masa corporal. Aun así, hasta donde yo sé, no han dado las sorprendentes pruebas de inteligencia que se han analizado en algunos pulpos: resolución de rompecabezas, uso de utensilios, exploración de objetos. Sin embargo, las jibias no han sido tan estudiadas y parece que su forma de vida haría que estos comportamientos fueran menos útiles para ellas que para los pulpos. No estamos ante exploradores que gatean, sino ante nadadores.

Aunque las jibias gigantes quizá carezcan de la versátil inventiva de los pulpos, presentan características difíciles de olvidar mucho después de haber permanecido junto a una

de ellas en el mar: la afable curiosidad, al menos en algunos casos, o una cauta participación cuando se desplazan entre dos aguas hacia uno y después se alejan. Y esos cambios de color interminables, asombrosos.

CREANDO COLORES

La piel de un cefalópodo es una pantalla de capas controlada directamente por el cerebro. Sus neuronas van desde el cerebro hasta la piel, pasando por todo el cuerpo, donde controlan músculos. Estos, a su vez, controlan millones de bolsas de color parecidas a píxeles. Una jibia percibe o decide algo, y su color cambia en un instante.

He aquí cómo funciona[2]. La piel presenta una capa externa, una *dermis,* que actúa como una cubierta. La capa siguiente alberga a los *cromatóforos,* los dispositivos más importantes del control del color. Un solo cromatóforo posee varios tipos diferentes de células. Cada célula contiene un saco de una sustancia química coloreada. A su alrededor hay células musculares, una o dos docenas de ellas, que tiran del saco y le dan formas variadas. Estos músculos están controlados por el cerebro. Extienden el saco para hacer que su color sea visible o lo retraen para obtener el efecto contrario.

Cada cromatóforo acoge un solo color. Distintas especies de cefalópodos usan colores diferentes y por lo general el animal posee tres tipos. En una jibia gigante, los cromatóforos son rojos, amarillos y negros/pardos. Cada uno de ellos mide mucho menos de un milímetro de diámetro.

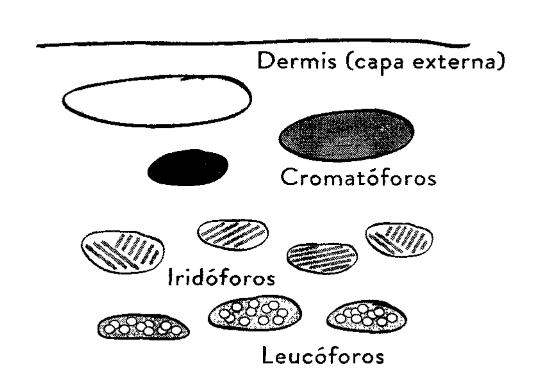
Este dispositivo explica cómo los cefalópodos generan algunos de sus colores, pero no todos. Una sepia gigante puede producir rojo o amarillo mediante la activación de

los cromatóforos de un único color y obtener un anaranjado mediante una combinación de ambos. Sin embargo, este mecanismo se ve imposibilitado para crear otros muchos colores que una jibia puede exhibir. No hay manera de conseguir azul, verde, violeta o blanco plateado. Dichos colores se logran mediante mecanismos en las siguientes capas de la piel. Aquí encontramos varios tipos de *células reflectantes*. Dichas células no muestran pigmentos fijos, como hacen los cromatóforos, sino que reflejan la luz. Esta reflexión no necesita ser simple. En los *iridóforos,* la luz rebota y es filtrada a través de montones de placas minúsculas. Dichas placas separan y dirigen las diferentes longitudes de onda de la luz y brillan con colores que pueden ser diferentes de los que incidieron en ellas. Los resultados incluyen los verdes y azules que los cromatóforos no pueden generar. Dichas células no están fijadas directamente al cerebro, pero parece que algunas de ellas son controladas, más lentamente, por otras señales químicas. Justo debajo de los *iridóforos,* los *leucóforos* constituyen otro tipo de células reflectantes; no manipulan la luz, sino que la reflejan de forma directa. Como resultado, a veces parecen blancas, aunque pueden reflejar cualquier color que haya en el entorno. Debido a que los cromatóforos se hallan en una capa más elevada que las células reflectantes, todas ellas se ven moduladas por lo que realizan los cromatóforos. Cuando estos últimos se expanden, influyen en la luz que llega hasta las células reflectantes y, por lo tanto, en la que se refleja de ellas.

Imaginemos que estamos observando la piel de una jibia lateralmente, en sección transversal. Veríamos una capa superior, después una capa con millones de diminutos sacos de colores, cada una de las cuales se estira de modo continuo en formas que exponen u ocultan los pigmentos de su interior. Esto ocurrirá a un ritmo alto, mediante la

actividad de muchos músculos. Algo de luz pasará a través de esta capa y alcanzará a otra, donde será reflejada y filtrada entre montones de espejos. Estas células podrán cambiar de forma, más despacio, a medida que algunas sustancias químicas procedentes de otros lugares llegan hasta ellas. Más abajo, una capa de células reflectantes más sencillas devuelve la luz que acude a ellas.

He aquí un esquema de dichas capas:



Supongamos que una jibia gigante tiene unos 10 millones de cromatóforos. Entonces, de un modo muy aproximado, podemos considerar que dicha capa de la piel del animal es una pantalla de 10 megapíxeles. Dije que de un modo muy aproximado, tanto porque los píxeles no parecen estar controlados de forma totalmente independiente unos de otros, sino en grupos locales, como porque cada cromatóforo solo posee un color. Algunos de los píxeles se encuentran asimismo sobre otros, de modo que el mismo retazo de piel puede producir muchos colores diferentes. A continuación, las capas situadas bajo los cromatóforos añaden más complejidad.

Las capas coloreadas de los cefalópodos son delgadas y frágiles. Las jibias presentan un aspecto muy diferente

cuando han perdido piel debido a la edad o a lesiones. Entonces se ven manchas de color blanco mate. La piel mágica es una lámina fina sobre un sencillo cuerpo blanco.

En los animales que observo, los rojos son en algún sentido los colores de «base», los que se ven de manera más habitual. Dichos rojos van desde el bermellón hasta un rojo parecido al de los coches de bomberos. Una decoración común, sobre el rojo de base, es un blanco plateado, tal como se contempla bajo el agua. Los blancos forman venas y puntos que conforman pequeños destellos dentados o una línea de perlas. Otros colores aparecen en manchas: amarillos, naranjas, verdes oliva. Pueden contener patrones estáticos, pero sus colores rara vez se fijan durante mucho tiempo. Sus patrones «dinámicos» parecen películas proyectadas sobre la pantalla de la piel de la jibia. Un ejemplo es la exhibición de la *nube que pasa*. Ondas alternativas de manchas más oscuras y más claras se desplazan de manera consistente a lo largo del cuerpo, desde la parte delantera hasta la trasera o desde la trasera hasta la delantera. Una vez observé desde arriba a una gran jibia y vi que el lado izquierdo de su cuerpo mostraba una nube que pasa a otra jibia situada bajo una roca, mientras que el lado derecho permanecía quieto y camuflado, dirigido hacia el mar.

Las alteraciones de color de las jibias suelen ocurrir en combinación con cambios en la forma del cuerpo y de la piel. A veces nadan con docenas de «papilas», o pliegues de la piel, que surgen directamente del dorso. Dichas papilas semejan versiones en pequeño, de unos dos centímetros de alto, de las placas del dorso de un estegosaurio. Las papilas no contienen nada duro en su interior y pueden producirse en un segundo. Los ojos son los lugares de modificaciones sutilmente detalladas en la forma de la piel. Muchas jibias generan delgados hilillos y pliegues de la piel sobre cada ojo. El aspecto que presentan recuer-

da a unas extensiones similares a cejas esculpidas de forma meticulosa.

En reposo, los ocho brazos de una jibia cuelgan en la parte delantera y todos tienen una apariencia bastante análoga. A los brazos de los cefalópodos se les han asignado números, del 1 al 4, a la izquierda y a la derecha. Empezando por arriba, se encuentran los brazos izquierdo 1 y derecho 1. Vistos desde la parte delantera, parecen brazos «internos». Por fuera de ellos se hallan los brazos izquierdo 2 y derecho 2, después el tercer par, y, al final, el cuarto. En las jibias gigantes, los brazos designados como 4 son mayores en los machos que en las hembras. Cuando muestran agresión, a menudo los machos aplanan sus brazos numerados como 4 en formas parecidas a amplias láminas.

Otro gesto agresivo consiste en mantener los dos brazos llamados 1 hacia arriba como cuernos. Algunas sepias hacen que estos ondeen de manera elegante. Otras moldean sus brazos como la voluta de un violín y se muestran como ganchos o mazas. En los casos más complejos, la jibia dispondrá de capas de brazos en tres o cuatro niveles diferentes. Los brazos 1 permanecen erguidos y rectos; los designados como 2 se mantienen en forma de cuerno en un nivel más bajo, quizá con los extremos arrollados, con el par 3 debajo, y, finalmente, los brazos asignados como 4, planos y tan voluminosos como sea posible. Existen algunos peces que, a pesar de resultar inofensivos para las jibias gigantes, estas parecen rechazarlos con rotundidad y, en general, cuando se acercan, son recibidos con los brazos levantados en forma de cuernos y ganchos.

Todos estos comportamientos varían de unos individuos a otros. A veces he podido reconocer a uno a lo largo de muchos días, en ocasiones durante una semana. No es fácil volver a identificar animales que pueden cambiar todo su color y su forma si lo desean, pero a veces, gracias a una

cicatriz que los diferencia, se consigue. Finalmente, también aprendí a tener en cuenta algunas marcas blancas en la aleta similar a una falda, pues estas dan la impresión de ser permanentes, como si fueran una especie de huella dactilar. Animales distintos responden de manera diferente ante mi presencia, aunque sean del mismo sexo y tamaño, y, además, tanto en el mismo lugar como en la misma época del año. El estilo de interacción más grato se traduce en la afable curiosidad que mencioné antes. Algunos animales tienden a acercarse, con un patrón de colores «reposado» y observan con atención. Los más afables han extendido un brazo para tocarme. Esto es muy raro. La jibia se cierne, se mueve lentamente con sus aletas o con su chorro invisible. Mientras ambos nos desplazamos, la jibia mantiene una distancia precisa y retrocede cuando yo avanzo, y, a veces, se acerca cuando yo me alejo. Sin embargo, al final deja que la distancia se reduzca hasta que nuestros cuerpos se encuentran a menos de un metro. Extiendo una mano hasta cerca de sus brazos, pero no los toco. La jibia extiende la punta de un brazo o dos para tantear mi mano.

Casi siempre que esto ha ocurrido, me ha tanteado solo una vez. Después de un breve contacto, la jibia retrocede para mantener algo más de un metro de distancia. Estaba lo bastante interesada como para tocarme, pero después de haberlo hecho retorna adonde se encontraba. Una posible interpretación de esta acción sería que la jibia trata de comprobar si yo podría ser comestible. Sin embargo, una persona es mucho mayor que una jibia, cuya comida habitual son cangrejos y peces capturados enteros. No creo que su interés hacia mí radique en que pueda servir de pitanza.

Algunos individuos, amistosos o no, manifiestan distintos estilos de cambio de color. En ocasiones he encontrado sepias que parecían generar colores que las otras no

habían ideado o pautas de una particular viveza. A la primera de ellas la llamé Matisse. Era una afable jibia a la que me acerqué durante varios días hace ya algunos años. Todos sus colores tenían un detalle particular, pero había otro aspecto que la diferenciaba. Se cernía lentamente sin ningún aspaviento en una mezcla de rojos y blancos y, de repente, explotaba en un color amarillo brillante. Esta inundación cubría todo su cuerpo, sin dejar otras marcas visibles, y se disparaba en menos de un segundo. En un momento dado parecía de color rojo oscuro, con venas y bandas, y, en menos de un segundo, se asemejaba a un sol con forma de jibia. Después, el fulgor se desvanecía, de forma más lenta. Entre el amarillo aparecían anaranjados, que a su vez se oscurecían. Retornaba la pauta anterior. En unos diez segundos volvía a ser de color rojo oscuro.

El cambio al amarillo no iba acompañado por los brazos levantados u otras manifestaciones; no había ninguna otra señal de alboroto. He observado que se ha descrito el «amarillo total» como una señal de alarma en otros cefalópodos. Supongo que es posible que Matisse estuviera sobresaltada, pero ¿por qué todo lo demás en ella tenía un aspecto tan calmado? En ocasiones producía patrones amarillos en respuesta a peces intrusos, aunque eran amarillos más oscuros combinados con cierta forma de disponer los brazos. Las llamaradas amarillo canario que yo contemplé daban la impresión de formar parte de un comportamiento distinto. Parecía simplemente que estas explosiones cromáticas le gustaban.

Durante los años transcurridos desde entonces he visto a otras muchas jibias generar estos «fulgores amarillos», aunque ninguno que iluminara el agua tanto como lo hacía Matisse. Dado lo que señalé a propósito de la maquinaria del cambio de color, es fácil deducir cómo se realiza esto. Una jibia gigante contiene algunos cromatóforos

amarillos, de modo que casi con toda seguridad tales destellos se producían al expandir, de repente, aquellos cromatóforos y reducir todo lo demás.

Mucho después de que Matisse hubiera aparecido y se hubiera marchado, llegó una jibia cuyos alardes iban mucho más allá de todo lo que yo he encontrado. El único nombre adecuado para ella era Kandinsky.

Kandinsky tenía hábitos fijos y un hogar seguro. A diferencia de Matisse, no mostraba un solo color destacado. Producía los mismos tipos de diseños y colores que hacían las otras jibias, pero de una manera más extravagante. Durante casi una semana, en 2009, cuando intentaba obtener la fotografía perfecta de esta jibia, acudía a su hogar. Yo llegaba cada día al final de la tarde y esperaba en la superficie sobre su guarida, que se encontraba más o menos a un metro y medio de profundidad. Al final, Kandinsky salía y subía para situarse sobre la parte superior de su roca, de cara al mar abierto. Mantenía dos brazos en alto y movía los demás debajo de estos. Yo me sumergía para encontrarla.

Cuando yo llegaba, sus brazos se dirigían hacia todas partes, como si fueran una ristra de lanzas rituales. A veces entrelazaba un par de sus brazos sobre la cabeza. A menudo los brazos en alto indican agitación y, también, hostilidad, pero no creo que en Kandinsky se produjera un alteración de este tipo, pues solía generar estas formas complejas continuamente, incluso cuando yo me hallaba a una cierta distancia. Sobre su piel, Kandinsky prefería mezclas fulgurantes de rojo y anaranjado, incluida una especie de naranja-verde pálido, y, con frecuencia, combinaba estos colores con la exhibición de «la nube que pasa», en la que ondas con formas oscuras fluyen sobre la piel. Pautas como lágrimas recorrían un par de sus brazos interiores. Después de desplazarse en el agua no muy lejos de su roca favorita durante un rato, se disponía a recorrer el bajío. No era una

de las jibias amistosas, pero me permitía que la siguiera de cerca mientras rondaba en círculos por los arrecifes que rodeaban su guarida.

Aunque algunas jibias parecen afables y curiosas, un segundo estilo de respuesta hacia un buceador que explora consiste en manifestar una intensa hostilidad. Por fortuna, esto suele resultar más raro que la cordialidad. El caso más espectacular que recuerdo fue un encuentro con una gran jibia macho en un lugar en el que habían vivido algunas sepias muy accesibles. Siempre que visito esta cornisa rocosa, recuerdo aquellos encuentros amistosos. Aquella vez encontré una expresión perfecta de animadversión, coreografiada en color y forma.

Llegué al lugar y vi primero un remolino de brazos bajo la cornisa rocosa. Los brazos eran amarillo-anaranjado-pardo. El animal miraba hacia fuera, rodeado de algas ondeantes, con los brazos dirigidos hacia todas partes. En un principio pensé que este comportamiento podría responder a un camuflaje o a un enmascaramiento; es decir, que los brazos undulantes copiaban a las algas. Me acerqué más y vi que el animal generaba más colores: ronchas de blanco plateado. No se trataba de las relajadas pulsaciones de plata alrededor de la cara y brazos, que son comunes, sino de manchas mayores que aparecían y desaparecían. Sus brazos inferiores estaban extendidos debajo y los demás conformaban un bosque de cuernos. Prestó mucha atención enseguida y al momento se abalanzó hacia mí, rápido. Nadé deprisa hacia atrás. Siguió acercándose a lo largo de un cierto trecho y, después, abandonó la persecución y regresó a su cubil. Esperé y luego me acerqué de nuevo con cautela. Salió disparado, como una catapulta medieval propulsada a chorro.

En estas persecuciones mostró las exhibiciones de apariencia más mortíferas que yo haya contemplado: llamean-

tes colores anaranjados, brazos como cuernos y hoces, pliegues de la piel parecidos a una armadura de hierro torcida. A veces, sus brazos interiores se mantenían erguidos, contorsionados. En cierto momento puso casi todos sus brazos en alto, retorcidos entre sí, con solo un par de ellos debajo, y colocó su rostro entre unos y otros. Pensé: parecen las fauces del infierno. Se tenía la impresión de que, a su manera, el molusco sintiera de verdad lo que asusta a un ser humano e intentara provocar una visión de condena eterna, de algo que pretendiera golpear nuestros corazones.

Persistí en estos encuentros y seguí volviendo de forma cauta al lugar. La jibia continuó persiguiéndome y expulsándome, pero pronto me di cuenta de que estos ataques nunca conseguían alcanzarme, y esto también resultó ser así cuando empecé a retirarme más despacio. Me preguntaba cuánto había de farol en sus ataques y cuánto de intención claramente violenta. Al final probé un nuevo tipo de comportamiento. Si el animal agita sus brazos hacia mí, ¿por qué no hago yo lo mismo con los míos hacia él? La siguiente vez que salió de su escondrijo me aparté mucho menos y levanté los brazos ante mí; además, el equipo de buceo también se extendió un poco por todas partes. Esto llamó su atención. Todavía hacía *como si* avanzara hacia mí, pero, en realidad, no se movió mucho y los brazos agitados empezaron a calmarse. Redujo cada vez más su número de exhibiciones y pronto sus brazos se encontraron en reposo y los pliegues de piel puntiagudos desaparecieron. Al final, pude acercarme a la jibia. Dejó de observarme directamente, parecía estar mirando en un ángulo, por encima de mi hombro, mucho más relajada. Una vez me moví justo delante de la jibia, y, de pronto, se dirigió a mí de nuevo, con la cabeza primero inclinada y, después, con los brazos agitados. Decidí que esto era todo lo amigos que podríamos ser.

Hay otro modo reseñable de interacción ser humano-jibia, aunque «interacción» no constituya el término adecuado. Algunas jibias se comportan con un nivel de indiferencia tan intenso que es difícil de describir. En algunos aspectos, esta es la conducta más intrigante. Estas jibias no parecen registrar de ningún modo nuestra presencia como seres vivos. Cuando permanecen quietas, no suelen mirar de forma directa a una persona (como hacen otras con frecuencia), sino que dirigen su vista más allá de su hombro. Si uno se mueve un poco, ellas también ajustan su posición. Se mantiene la falta de contacto.

Esta profunda indiferencia se observa en algunas jibias cuando realizan recorridos circulares alrededor de sus arrecifes. En estas excursiones, una jibia puede husmear bajo las rocas o simplemente deambular. Durante buena parte del tiempo es probable que busque comida o pareja, pero, a menudo, no da la impresión de que lo haga con mucho interés. Las jibias que deambulan pueden ser, a veces, amistosas, o al menos curiosas, y se detienen para contemplarte antes de seguir nadando. Sin embargo, otras son capaces de ignorarte con independencia de lo cerca de ellas que nades, incluso si te encuentras frente a sus ojos. Una vez yo era desdeñado de una manera tan clara que me planté justo delante de la senda del animal, solo para ver qué es lo que este haría. Lo que ocurrió se asemejaba al juego existencialista sobre la «gallina». Se acercó cada vez más y se negó a reconocer mi presencia, hasta que se halló a unos 20 centímetros de distancia. Entonces me miró, con una expresión que no puedo describir de otra manera que para señalar que parecía no estar impresionada, se desvió y siguió nadando.

Así pues, ¿qué papel desempeñamos? ¿Qué somos para las jibias? Con seguridad nos reconocen como animales grandes y móviles. Entonces, ¿podríamos ser potencial-

mente peligrosos o significar para ellas al menos algo que despertara su interés? Otras jibias nos ven de esta manera: como visitantes a los que estudiar o a los que perseguir con una exaltada exhibición. Sin embargo, a veces parece que de ninguna manera nos consideran seres vivos. Al ignorarnos de un modo tan claro nos asalta la duda de si en verdad somos reales del todo en su mundo acuático, como si fuéramos uno de esos fantasmas que no se dan cuenta de que lo son.

VER LOS COLORES

Con nuestro panorama de colores de los cefalópodos casi completo, llegamos ahora a un hecho que carece del todo de sentido. Se dice que los cefalópodos, en casi la mayoría de los casos, son ciegos a los colores.

Esta insostenible conclusión se basa en una evidencia tanto fisiológica como de comportamiento[3]. En primer lugar, cualquier sistema para detectar variaciones de color exige algo en el ojo que pueda distinguir diferencias en la *luminosidad* de la luz de los contrastes en su *color*. La manera en que suele hacerse esto es mediante el uso de varias clases diferentes de *fotorreceptores*. Las células fotorreceptoras contienen moléculas que alteran su forma cuando la luz incide sobre ellas. El cambio de forma desencadena otros procesos químicos en la célula; los fotorreceptores son la interfaz entre el mundo de la luz y la red de señales del cerebro. Cualquier ojo ha de contener algo de este tipo. Para la visión de los colores, se ha de disponer de una gama de fotorreceptores que respondan de manera diferente a las distintas longitudes de onda del color que incide. La mayoría de seres humanos tiene tres tipos de fotorreceptores. La visión de los colores (que usa este sistema) nece-

sita al menos dos. La mayor parte de los cefalópodos solo tiene uno.

También se han realizado pruebas de comportamiento en algunas especies. ¿Puede un cefalópodo aprender a hacer una distinción entre dos estímulos que únicamente difieren en el color? Aparentemente, los que han sido sometidos a prueba no pueden.

Esto resulta desconcertante, pues dichos animales *hacen* muchísimas cosas con los colores. Además, son magníficos a la hora de imitar el color de su entorno para camuflarse. ¿Cómo se pueden copiar colores que no se ven? A veces los biólogos ofrecen explicaciones de este tipo: primero, los cefalópodos pueden emplear diferencias sutiles en la luminosidad como indicadores de los colores (matices) probables de los objetos que los rodean, dados los colores típicos de su ambiente. Segundo, las células reflectantes, los espejos de la piel, quizá ayuden. Sería posible producir un color que no se ve reflejando el que existe fuera.

Esto dota de sentido a algunas de las cosas que los cefalópodos realizan. El camuflaje se logra con reflejo..., *si* el color que pretendes imitar en tu fondo también te llega desde otras direcciones. El reflejo simple no puede ser la explicación si un animal está copiando un color que se encuentra tras él, mientras que la luz que le llega desde delante es diferente. En este caso, el cefalópodo tendría que producir activamente el color adecuado (mediante alguna combinación de cromatóforos y células reflectantes) y debería saber qué color producir. Los cefalópodos parecen ser capaces de conseguirlo; a veces parecen imitar un color que se halla detrás de ellos cuando frente a ellos existen colores diferentes.

Cuando escribía este libro, algunas piezas de este rompecabezas empezaron a encajar. Las primeras encontraron su lugar en 2010[4], cuando Lydia Mäthger, Steven Ro-

berts y Roger Hanlon publicaron un artículo en el que informaban de que las moléculas fotorreceptoras en los ojos de una especie de jibia probablemente también se hallan presentes en la *piel* de la jibia. Esto, por sí solo y por varias razones, no resuelve mucho. Primero, es posible que tales moléculas hagan algo no relacionado con la vista cuando se encuentran fuera de los ojos[5]. Segundo, incluso si en efecto las moléculas sensibles a la luz de la piel respondieran a la luz, esto no solucionaría el problema de la visión de los colores: sigue habiendo solo un tipo de molécula fotorreceptora en el animal, aunque aparezca en lugares extraños. No se puede ver el color, según se cree, con solo un fotorreceptor.

Durante algunos años, después de la publicación del resultado de Mäthger-Roberts-Hanlon, hubo poca investigación posterior. En internet, solo encontré una persona que parecía ocuparse del problema: Desmond Ramirez, un estudiante graduado en California. Cuando conseguí contactar con él, me confirmó que trabajaba en ello, pero no me quiso mostrar sus cartas. Pasó otro par de años. Acababa yo de publicar una recensión de un libro[6] en el que me preguntaba por qué no se seguía aquella antigua pista y, solo unos días después, Ramirez publicó su artículo. Este, escrito con Todd Oakley[7], probaba en primer lugar que los genes del fotorreceptor se mantienen activos en la piel de una especie concreta de pulpo *(Octopus bimaculoides)*. De manera significativa, también demostraba que la piel de este pulpo es sensible a la luz y que puede cambiar la forma de los cromatóforos, aunque la piel esté separada del cuerpo. La misma piel del pulpo puede *percibir* la luz y asimismo producir una *respuesta* que afecta al color de la piel. En el capítulo 3 discutí cómo el sistema nervioso de un pulpo está disperso por gran parte de su cuerpo. La imagen que intenté desarrollar en dicho capítulo era la de

un cuerpo que, en cierta medida, *es* su propio controlador, en lugar de un cuerpo que el cerebro conduce de acá para allá. Ahora descubrimos que un pulpo puede ver con su piel. A esta no solo le influye la luz (algo que resulta cierto en un reducido número de animales), sino que responde cambiando su propia maquinaria controladora del color, delicada y pixeliforme.

¿Qué sensación supondría ver con nuestra piel? No se podría enfocar la imagen, solo se detectarían cambios generales y ondas de luz. Todavía no sabemos si la sensación de la piel se comunica al cerebro o si la información sigue siendo local. Ambas posibilidades despliegan la imaginación. Si la sensación de la piel es transportada al cerebro, entonces la sensibilidad visual del animal se extendería en todas direcciones, más allá de lo que los ojos pueden alcanzar. Si la sensación de la piel no llega al cerebro, entonces cada brazo podría ver por sí solo y quedarse para sí con lo que ve.

Los descubrimientos de Ramirez y Oakley suponen un hallazgo importante, pero todavía no resuelven el problema que destaqué antes, el de la percepción del color. El fotorreceptor en la piel de los pulpos de Ramirez y Oakley es sensible a las mismas longitudes de onda que el fotorreceptor en los ojos. Incluso si todo el cuerpo puede ver, parece que debería hacerlo en monocromo. Sigue existiendo la dificultad de la imitación del color. Sin embargo, sospecho que el trabajo de Ramirez conducirá a la resolución de esta cuestión. En el artículo más antiguo de Mäthger y sus colaboradores se ofrecía un atisbo. Señalaron que, incluso si los fotorreceptores de la piel son los mismos desde el punto de vista químico que los de los ojos, su sensibilidad a la luz podría ser modulada por los cromatóforos, u otras células, a su alrededor. Esto podría permitir que un tipo de fotorreceptor se comportara

como si fueran dos. Algunas mariposas emplean un truco parecido.

Esto podría funcionar de diversas maneras. Una posibilidad es que un cromatóforo pudiera hallarse sobre una célula fotosensible y que actuara como un filtro. Entonces aquel fotorreceptor respondería a luz coloreada de manera diferente a como lo haría un fotorreceptor emparejado con un cromatóforo de un color distinto. Otra posibilidad fue la que me sugirió Lou Jost, un ecólogo, experto en orquídeas y artista[8]. Sugirió que el acto de cambiar de colores podía hacer el truco. Supongamos que, debajo de una capa de muchos cromatóforos, hay otra de algunas células fotosensibles. A medida que los cromatóforos de diferentes colores se expanden y se contraen[9], la luz que pase a través de ellos se verá afectada de maneras diferentes. Si el animal supiera qué cromatóforos se expandían, así como cuánta luz llegaba a sus sensores, podría tener alguna información acerca del color de la luz que incide. El animal sería como un camarógrafo que cambia un filtro por otro, a medida que pasara por sus cambios de color. Un sensor monocromo puede detectar el color si el organismo posee filtros de colores diferentes y sabe cuáles operan en cada momento.

Todas estas posibilidades dependen de la localización de las células fotosensibles en relación con los cromatóforos y de otros aspectos desconocidos. Sin embargo, de alguna manera, sería sorprendente que uno de estos mecanismos *no* operara. Mientras algunas estructuras fotosensibles se hallen debajo de los cromatóforos coloreados, cuando el animal ejecuta sus cambios de cromatóforos se producirán inevitablemente efectos sobre las estructuras fotosensibles de debajo y estos estarán correlacionados con el color de la luz que incide. La información está disponible. No parece que fuera una transición evolutiva difícil que el animal pudiera utilizar dicha información.

SER VISTO

Cuando se trata de camuflaje, los pulpos carecen de rival y pueden ser completamente invisibles para un observador (uno que busque pulpos) situado a solo un par de metros de distancia. Les ayuda el hecho de que, a diferencia de las jibias, los pulpos no tienen apenas partes duras en su cuerpo y adoptan casi cualquier forma. Las jibias gigantes no consiguen engañar a los observadores tanto como los pulpos, pero algunas sepias se aproximan a ello. El mejor acto de enmascaramiento de una jibia que yo haya visto fue obra de una «sepia cosechadora»*. Se trata de una especie más pequeña, que alcanza alrededor de 15 centímetros de longitud. El sombrío nombre común resulta engañoso, pues estos animales presentan un aspecto de lo más dulce. Por lo general su color es rojo tenue con algunas líneas amarillas. Encontré a esta especie entre las algas. Nada más vernos, la jibia se mostró muy recelosa. Me evitó, nadó entre las algas, alrededor de rocas y siempre con obstáculos entre nosotros. En un momento dado desapareció en un canal llano que tenía algunas piedras repartidas sobre el fondo. De repente, dejé de verla.

Yo sabía que estas jibias pueden adoptar un aspecto parecido a una piedra moteada, de modo que esperaba verla en algún lugar, mientras ella intentaba parecerse a una piedra. En medio del canal había una pequeña piedra. La miré y pensé: «Bueno, se trata solo de una piedra». Fui hasta el otro extremo del canal desde donde debería haber salido y no había ninguna señal de la jibia. Di media vuelta para escudriñar de nuevo el canal. Y la piedra. Mirán-

* *Sepia mestus*. El nombre común en inglés *(reaper cuttlefish)* admite la versión que aquí se ha dado, pero *the Reaper* es también la Parca; de ahí el comentario del autor *[N. del T.]*.

dola con más detenimiento, era la jibia. Una vez que pareció evidente que me había fijado en ella, abandonó el camuflaje de piedra y retornó a su rosa oscuro. De modo que allí estaba yo, buscando una pequeña jibia que parecía una piedra, en aquel punto exacto, pero, en cualquier caso, me engañó.

Entonces, de repente, mientras yo miraba cómo cambiaba de colores, apareció una morena verde *[Gymnothorax funebris]* que, con las fauces abiertas, atacó a la jibia. Esta desprendió una ráfaga de tinta (las jibias poseen una tinta como la de los pulpos y la de los calamares). Parecía una nube de humo negro, como si la jibia se hubiera incendiado. Intenté ver en el canal, que ahora estaba negro, y solo tuve un breve atisbo de la jibia, que, impotente, era sacudida por la morena. Me sentí mal, pues parecía probable que yo hubiera distraído a la jibia y le hubiera dado una oportunidad a la morena.

La nube de tinta seguía creciendo. Debido a la violencia del ataque de la morena, pronto di por perdida a la jibia. Sin embargo, de pronto salió disparada de la negra nube, con sus vivos colores y extrañamente aplanada, con sus aletas desplegadas. Se encontraba aturdida, lesionada, pero todavía capaz de nadar. Solo tenía una marca grande de mordedura en el dorso y seguía mostrando sus líneas amarillas. Al principio nadaba siguiendo un meandro caótico, vacilante. Después se enderezó y se dirigió hacia otra cornisa.

Me quedé asombrado al verla. Considero que las morenas son depredadores consumados, especialmente en este contexto, a poca distancia entre rocas y algas. Son todo dientes, músculos y fuerza serpentiforme. Una vez que la morena se abalanzó sobre la jibia, ya no había competencia. La jibia carecía de dientes, de huesos o de coraza. Más que una serpiente aplanada, se asemejaba a un aerodeslizador de juguete. Sin embargo, la jibia escapó[10].

Se piensa que la función original del cambio de color en los cefalópodos (la razón por la que apareció por evolución) es el camuflaje[11]. Cuando los cefalópodos perdieron la concha y empezaron a deambular por aguas llenas de peces de dientes afilados, el camuflaje o enmascaramiento [cripsis] constituyó una de las maneras de evitar ser comido. El camuflaje es lo opuesto a la emisión de señales; se trata de producir colores con el fin de no ser visto o reconocido [aposematismo]. En algunas especies, surgió entonces la emisión de señales: la maquinaria del camuflaje se puso al servicio de la comunicación y de la emisión. Ahora se generaban colores y patrones para ser vistos y advertidos por los observadores (rivales o parejas en potencia).

A medio camino entre los casos claros de camuflaje y los de emisión de señales se hallan las exhibiciones *deimáticas*. Estas consisten en pautas sorprendentes que se suelen crear cuando se huye de un depredador. La hipótesis da a entender que estamos ante un intento de asustar o de confundir al enemigo: parecer, de repente, diferente y extraño, de un modo que pueda conducir a un depredador a detenerse o a perder su interés. Aquí se supone que la exhibición ha de ser advertida, pero no transmite información a un receptor: simplemente confunde o perturba.

Durante su periodo de apareamiento, los machos de las jibias gigantes se dedican a alardes ritualizados que incluyen una compleja mezcla de manifestaciones en la piel y de contorsiones del cuerpo. Esto puede verse de manera muy llamativa en un lugar de la costa meridional de Australia, cerca de una ciudad industrial llamada Whyalla[12]. Allí, miles de jibias gigantes se reúnen en la costa cada invierno para aparearse y poner huevos en aguas someras. Nadie sabe por qué eligen este sitio en concreto, pero este resulta magnífico para contemplar las señales más espectaculares entre todas las que emiten los cefalópodos.

Un macho grande intentará actuar como «consorte» de una hembra, monopolizándola y manteniendo alejados a otros machos. Cuando se acerca un macho rival, el consorte y el intruso inician exhibiciones de competición. Ambos machos se sitúan uno al lado del otro y muy cerca en el agua. Cada uno de ellos se alargará tanto como pueda, a menudo con una suave curva en el cuerpo. Resplandecerán con cambios de colores y de pautas. Después de haberse estirado en un sentido, a menudo una jibia dará un giro de 180 grados y se tensará en la otra dirección. Este giro, sin alharacas y deliberado, se parece a un baile de la corte de algún rey francés civilizado. En cambio, el estiramiento parece yoga de competición.

La mezcla de yoga y danzas palaciegas basta para determinar qué jibia es la mayor y, casi siempre, esta última gana. La más pequeña se retirará. La hembra se dejará llevar tranquilamente por el agua y quizá permanecerá cerca de su palpitante compañero o se alejará. El emparejamiento de las jibias, si al final se cumple, constituye un asunto pacífico según las normas del reino animal. Los dos consortes se aparean cabeza contra cabeza. El macho intenta agarrar a la hembra por delante. Si ella lo acepta, envolverá con sus brazos la cabeza de la hembra. Después de haber alcanzado esta posición, transcurren un par de minutos de quietud. Según parece, durante este periodo introduce agua en la hembra con su sifón. Después el macho utiliza su cuarto brazo izquierdo para tomar un paquete de esperma e introducirlo en un receptáculo especial situado bajo el pico de la hembra; luego, con movimientos más rápidos, rompe y abre el paquete. Se separan.

También los calamares se dedican a emitir una gran cantidad de señales, muchas de las cuales son complicadas y cumplen una función misteriosa. Ciertas señales son claras y comunes a varias especies. Cuando un macho se acer-

ca a una hembra, a veces esta exhibe una banda blanca definida que dice: «No, gracias». En un momento añadiré más aspectos sobre varios de estos sistemas de señales, pero primero quiero subrayar algo que he llegado a creer acerca de los colores de las jibias.

Aceptemos que el camuflaje y la emisión de señales constituyen las dos *funciones* del cambio de color en los cefalópodos: a ellas se debe que este último apareciera por evolución y se haya mantenido. El hecho de que estas sean las funciones del cambio de color no significa que cada color que veamos se produzca como una señal o como un enmascaramiento. Pienso que varios cefalópodos, en especial las jibias, poseen una expresividad que va más allá de su función biológica. Muchos patrones dan la impresión de responder a algo que nada tiene que ver con el camuflaje; además, también se producen cuando no se encuentra cerca ningún «receptor» claro de la señal. Algunas jibias y unos pocos pulpos sufren un proceso caleidoscópico casi continuo de cambio de color que no parece relacionado con nada de lo que ocurre a su alrededor, sino que quizá responde a una expresión involuntaria del tumulto electroquímico de su *interior*. Una vez que la maquinaria de producción de color en la piel está conectada a la red eléctrica del cerebro, podrían producirse toda suerte de colores y pautas que no serían más que efectos colaterales de lo que sucede dentro.

Así es como interpreto los colores de muchas jibias gigantes: son la expresión involuntaria de los procesos internos del animal. Dichas pautas incluyen fulgores y accesos de actividad y también cambios más sutiles. Si se observa con detenimiento la «cara» de una jibia gigante (el área entre sus ojos y la parte inicial de sus brazos), se suele ver un murmullo continuo de cambios de color muy pequeños. Quizá allí la maquinaria del cambio de color se halla en

un estado «al ralentí». Durante varios días visité a una jibia a la que bauticé Brancusi. Rara vez producía colores vivos. En cambio, a veces disponía algunos de sus brazos en un patrón insólito y, después, se quedaba completamente quieta, como una escultura, tanto tiempo como pudiera estar con ella. Mantenía alzados un par de brazos internos, como cuernos, pero doblaba la parte superior de estos hacia el fondo marino. Brancusi prefería la forma al color, pero, si observaba con atención, veía una inquietud constante en todos los colores de su cara. En otros animales he visto a menudo cambios palpitantes regulares justo debajo de los ojos, como si fuera una sombra de ojos animada.

Acepto que las jibias puedan controlar su piel con cuidado cuando quieran hacerlo, como también que pasen, con mucha rapidez, al camuflaje o a una exhibición agresiva. Todos los cambios de color que no contribuyan a lanzar señales o al enmascaramiento son, desde un punto de vista evolutivo, efectos colaterales. Si fueran muy nocivos, probablemente habrían sido eliminados. Sin embargo, quizá no resulten tan dañinos. De manera más precisa, tal vez serían perjudiciales (al atraer atención no deseada) en cefalópodos más pequeños, pero no parecen muy perniciosos en una jibia gigante, un animal lo bastante grande para que muchos depredadores lo eviten.

Otra posibilidad está relacionada con las ideas especulativas sobre la percepción del color que describí antes. Supongamos que, al cambiar sus colores, un cefalópodo influye en la luz que llega a sensores situados dentro de su piel. Entonces, algunos de estos cambios de color continuos y de bajo nivel podrían ser una manera de examinar el ambiente cromático[13].

También me doy cuenta de que buena parte de los cambios de color que me intrigan pudieran desencadenarse por mi propia presencia. A menudo intento mantener cier-

ta distancia, lejos y a un lado, cuando observo estas exhibiciones. También he instalado cámaras de vídeo en guaridas de pulpos y, después, me he ido durante unas cuantas horas para ver qué es lo que hacen cuando no hay nadie cerca. Los animales suelen mostrar secuencias de colores que carecen de explicación incluso cuando, hasta donde puedo saber, no se encuentran otros pulpos en las inmediaciones. Quizá en estos casos la cámara representa su audiencia proyectada. Puede ser. Sin embargo, otra posibilidad sería una que se toma las cosas más al pie de la letra. Creo que estos animales poseen un sistema sofisticado diseñado para el camuflaje y la emisión de señales, pero conectado al cerebro de tal manera que conduce a todo tipo de extrañas características expresivas: a un tipo de parloteo cromático continuo.

PAPIONES Y CALAMARES

Las señales se envían y se reciben; están hechas para ser vistas u oídas. Con el fin de observar más de cerca las relaciones entre emisor y receptor en los animales, saldremos del agua y pasaremos a un caso muy distinto: los papiones salvajes *[Papio chacma]* del delta del Okavango, en Botsuana, África, que han sido estudiados durante años por Dorothy Cheney y Robert Seyfarth[14], dos de los investigadores del comportamiento animal más influyentes.

La vida de un papión se presenta llena de peligros. Existen riesgos constantes debido tanto a los grandes depredadores africanos como al hecho de que tengan que habérselas con una escena social intensa y cambiante. Los papiones viven en tropillas. La que estudiaron Cheney y Seyfarth contenía unos 80 individuos con una complicada jerarquía de dominación. Las hembras de papiones per-

manecen en la tropilla en la que nacieron y forman una jerarquía de familias (matrilíneas), con otras relaciones de dominación dentro de cada matrilínea. La mayoría de machos abandonan el grupo donde nacieron y migran a otro como jóvenes adultos. Viven una vida más corta y más dura, con más violencia y con muchas persecuciones y exhibiciones agotadoras. Con frecuencia son expulsados o expulsan a otros. Incluso cuando la composición de un grupo resulta estable, ambos sexos se enfrentan a retos y a cambios, forman alianzas y amistades y se acicalan mucho.

Todo esto lo documentan con meticulosidad Cheney y Seyfarth en su libro *Baboon Metaphysics*. Dada la compleja vida social, no sorprende que exista comunicación. Sin embargo, los papiones solo pueden emitir sonidos muy sencillos: gritos de tres o cuatro clases, en especial amenazas, gruñidos de amistad y chillidos de sumisión. La comunicación propiamente dicha parece simple, pero, como Cheney y Seyfarth demuestran, provoca algunos comportamientos complejos. Cada individuo grita de una manera distintiva y un papión puede reconocer a quién acaba de gritar: saben *quién* ha amenazado y *quién* se ha batido en retirada. Cheney, Seyfarth y otros dedujeron, mediante ingeniosos experimentos de reproducción del sonido, que un papión que oye una serie de gritos es capaz de procesarlos de maneras muy provechosas.

Supongamos que un papión oye esta secuencia procedente de un lugar que no puede ver: *A* amenaza y *B* retrocede. ¿Qué significa esto? Depende de quiénes sean *A* y *B*. Si *A* se encuentra más arriba en la jerarquía que *B*, no resulta algo sorprendente o destacado. Sin embargo, si *A* se halla por debajo de *B*, entonces una secuencia en la que *A* amenaza y *B* se bate en retirada se convierte en sorprendente e importante. Indica un cambio en la jerarquía, algo que tendrá importancia para muchísimos miembros de la

tropilla. En los experimentos de reproducción, un papión se comportaba de manera diferente, y estaba mucho más atento, cuando una serie de gritos indicaban un acontecimiento relevante de este tipo. Tal como dicen Cheney y Seyfarth, parece que los papiones construyen una «narración» a partir de esa serie de sonidos que oyen. Esta es una herramienta que utilizan para los fines de la navegación social.

Comparemos los papiones con los cefalópodos. En los papiones, la parte de la realización de su sistema de comunicación vocal es muy simple. Solo existen tres o cuatro llamadas. Las posibilidades de elección de un individuo son limitadas y un grito será la consecuencia fidedigna de interacciones de un tipo concreto. Sin embargo, la parte de la *interpretación* es compleja, porque los gritos se llevan a cabo de maneras que permiten que se pueda construir una narración. Los papiones presentan una producción simple y una interpretación compleja.

Los cefalópodos son lo contrario. La parte de la realización es enormemente compleja, casi indefinida, con millones de píxeles en la piel y con un enorme número de pautas que pueden crearse en cada momento. En tanto que canal de comunicación, el ancho de banda de este sistema resulta extraordinario. Se podría decir cualquier cosa con él..., si se tuviera una manera de codificar los mensajes y si alguien los oyera. Sin embargo, en los cefalópodos la vida es mucho menos complicada que en los papiones, hasta donde podemos saber. (Discutiré algunas sorpresas a continuación y en el último capítulo, pero no cambiarán esta comparación; nadie cree que un cefalópodo tenga una vida social comparable con la de un papión). Aquí tenemos un sistema de producción de señales muy potente, pero la mayor parte de lo que se dice pasa desapercibida. Tal vez no sea esta la manera correcta de plantearlo: quizá, debido a

que nadie interpreta la mayor parte de lo que se dice, *se dice* realmente muy poco. Aunque también es cierto que, con todo el parloteo, toda la cháchara de la piel, mucho de lo que ocurre dentro se hace *disponible* en el exterior.

La producción de señales en una especie de cefalópodo, el calamar de arrecife caribeño *[Sepioteuthis sepioidea]*, fue extensamente documentada[15] en las décadas de 1970 y 1980 por dos investigadores que trabajaban en Panamá: Martin Moynihan y Arcadio Rodaniche. A lo largo de los años siguieron a los animales en la naturaleza y registraron sus comportamientos con detalle. Encontraron mucha complejidad en los patrones que se producían, tanta que sugirieron que los calamares poseen un *lenguaje* visual con una gramática: con nombres y adjetivos, etcétera. Era una afirmación muy radical. Divulgaron sus ideas en una prestigiosa revista, pero se trataba de una publicación insólita, con reflexiones personales y con intentos continuados de introducirse en el mundo de estos asustadizos animales, a los que siguieron durante días buceando a pulmón libre. La monografía estaba asimismo bellamente ilustrada por Rodaniche, quien más adelante abandonó la ciencia y se convirtió en un artista.

El lenguaje visual se argumentó mediante una muestra de la complejidad de las exhibiciones de los calamares. Estas últimas combinaban colores y posturas corporales, algunas de las cuales se asemejaban, pero a pequeña escala, a los alardes de las jibias gigantes descritos antes. Moynihan y Rodaniche describieron las secuencias que vieron: *Cejas doradas, Brazos oscuros, Señalar hacia abajo, Amarillo moteado, Rizo hacia arriba*... Una vez perseguí a uno de estos calamares en un arrecife de Belice y me sorprendió, como les ocurrió a ellos, la complejidad de lo que este animal hacía. Sin embargo, en la discusión de Moynihan y Rodaniche existe una descompensación, de la que eran

muy conscientes, aunque no la abordaron en su totalidad. La comunicación constituye un asunto de enviar y recibir, de hablar y de escuchar, de producir y de interpretar: dos papeles complementarios. Moynihan y Rodaniche documentaron mucha producción de señales muy complicadas, pero indicaron mucho menos sobre los efectos de las señales: de qué manera estas eran interpretadas. Solo dedujeron unas pocas combinaciones muy claras de señal y respuesta en situaciones de apareamiento, pero muchas de las exhibiciones que observaron se produjeron fuera de dicho contexto.

En total contaron unas 30 exhibiciones ritualizadas y numerosos patrones en las secuencias y combinaciones de alardes que se llevaron a cabo. Señalaron que dichos patrones han de tener *algún* significado, pero, en la mayoría de casos, no pudieron deducir cuál era: «Nosotros no podemos explicar, en el estado actual de nuestro conocimiento, y siempre y en cada caso, la diferencia de mensaje o de significado entre cada plan observado de patrones concretos. No obstante, creemos que debemos suponer que existe una diferencia funcional de algún tipo entre cualquier par de secuencias o de combinaciones que puedan distinguirse entre sí». En su opinión, no había mucha complejidad en las interacciones de comportamiento entre un calamar y otro. Entonces, ¿por qué se realizaban estas complejas exhibiciones?

Aquí tenemos un verdadero enigma. Incluso en el caso de que Moynihan y Rodaniche se excedieran a la hora de contar las señales y exageraran la analogía con el lenguaje, sigue planteándose la pregunta sobre por qué parece que los calamares digan tanto. Es posible que las secuencias de colores, poses y exhibiciones desempeñaran varios papeles sociales sutiles. Investigadores posteriores se han mostrado algo escépticos acerca de esta parte del trabajo de Moy-

nihan y Rodaniche. Sin embargo, quizá ocurra aquí más de lo que somos capaces de contar.

Estos calamares figuran entre los cefalópodos más sociales[16]. El contraste entre los papiones y los cefalópodos es, así lo espero, muy claro. En los cefalópodos encontramos, como resultado de su herencia de camuflaje, una capacidad expresiva inmensamente rica: una pantalla de vídeo conectada directamente al cerebro. A las jibias y a otros cefalópodos les sobran las salidas. Publica o perece. Hasta *cierto* punto, esta salida la ha diseñado la evolución para ser vista; a veces es camuflaje, pero otras se produce para que sea advertida por rivales y por el sexo opuesto. La pantalla también parece funcionar con mucho parloteo y murmullo, expresión de casualidad; e incluso si los cefalópodos poseen poderes ocultos de percepción del color, a buen seguro mucha de su producción cromática salvaje se pierde para los observadores. Los papiones, en cambio, apenas pueden decir nada. Su canal de comunicación resulta muy limitado. Sin embargo, oyen mucho más.

Estos dos casos son parciales, *inacabados,* en un cierto sentido, aunque no debe pensarse que la evolución se dirige a un objetivo. Esta no conduce a cualquier parte, ni hacia nosotros, ni a ninguna otra cosa. Sin embargo, no puedo resistirme a ver, en ambos grupos de animales, una cualidad incompleta. Se trata de animales con un sesgo en su interpretación de la dualidad fundamental de la emisión de señales, de los papeles entrelazados de emisor y de receptor, de productor y de intérprete. Por parte del papión existe una vida de telenovela, una complejidad social frenética y estresante y pocas formas de expresarlo. Por parte de los cefalópodos, se da una vida social más simple y, por lo tanto, con menos cosas que decir, pero, no obstante, en ella se expresan cosas extraordinarias.

SINFONÍA

Hacia el final de una tarde de verano buceé hasta un lugar que se encuentra entre mis preferidos, un cubil en el que he visto muchas jibias gigantes. Allí había una de tamaño medio, probablemente un macho, e incluso desde cierta distancia pude ver que poseía colores intensos. No le importó mi llegada, pero no estaba curiosa ni vigilante, sino que permanecía muy quieta.

Me coloqué cerca de ella, justo fuera de su cubil. Mientras ella miraba más allá de mí, hacia el mar, observé cómo cambiaban sus colores. La serie resultaba fascinante. De entrada noté un color de *herrumbre*, diferente de los rojos y anaranjados que se suelen ver. El lector pensará que todos los tonos de rojo y de anaranjado habrían sido mostrados cien veces por los animales que he contemplado, pero este color parecía insólito, una tonalidad entre herrumbre y ladrillo. También había verdes grisáceos, otros rojos y tenues colores pálidos que no pude captar.

Mientras observaba, me di cuenta de que estos colores cambiaban de un modo uniforme y de que lo hacían de más maneras de las que yo podía seguir. Me recordaba la música, acordes que cambiaban en medio de otros y sobre otros. La jibia pasaba de un color a otros de forma secuencial, o todos a la vez (yo no podía advertir cuáles), y acababa con un nuevo patrón, una nueva combinación, que podía permanecer inalterada durante un tiempo o empezar a convertirse de inmediato en otra. Había combinaciones de amarillo oscuro a pardo pálido, a rojo, que eran más familiares, y muchas otras. ¿Qué hacía este animal? El agua se oscurecía lentamente y, bajo su cornisa, apenas había luz. La jibia no mostraba mucho en su cuerpo. Permanecí a un lado, tan quieto como podía y respirando tan poco como me era posible. El ojo que se dirigía hacia mí parecía casi

cerrado, pero he aprendido que las jibias son capaces de ver más de lo que cabría esperar con sus ojos semicerrados.

Miró hacia el mar que se ensombrecía, donde había algas verdiamarillas que ondeaban. Tras este movimiento, pensé que quizá este podría ser un caso de producción «pasiva» de colores que reflejara la mezcla que entraba. Sin embargo, el movimiento mediante colores parecía mucho más organizado y numerosos colores no se asemejaban a ninguno del exterior. La jibia no dejaba de moverse al compás de sus acordes.

Me agazapé entre las algas. Se me ocurrió que me prestaba *tan* poca atención que todo esto podría haber sucedido mientras el animal permanecía dormido, o medio dormido, en un estado de profundo sosiego. Quizá la parte de su cerebro que controla la piel generaba por su cuenta una secuencia de colores. Me pregunté si esto era el sueño de una jibia; recordé cómo sueñan los perros, con las patas en movimiento mientras emiten tímidos ladridos. La jibia casi no se movía, excepto cuando realizaba pequeños ajustes del sifón y de la aleta que la mantenían cernida sobre el mismo lugar. Daba la impresión de que desarrollaba tan poca actividad física como le resultaba posible, salvo por la incesante sustitución de colores y patrones sobre su piel.

Entonces todo empezó a cambiar. Parecía que se ponía tensa, o que recobraba la forma, y comenzó a realizar toda una larga serie de exhibiciones. Era la más extraña que yo haya visto nunca, en especial porque parecía no tener objetivo, ni destinatario. Durante casi toda la secuencia se dirigía hacia el mar, lejos de mí. Retrajo sus brazos y expuso el pico. Metió sus brazos bajo el cuerpo en una pose como de misil y después desencadenó un fulgor amarillo. Eché un vistazo para ver si observaba a alguien: a otra jibia o a algún otro intruso. Nunca hubo nadie más ahí. En un momento dado ejecutó el estiramiento lateral que los ma-

chos llevan a cabo mientras compiten entre sí. Luego se retrajo mediante una impresionante contorsión, con la piel, de repente, blanca y con los brazos hacia atrás, tanto por encima como por debajo de la cabeza. Después esta secuencia se apaciguó. Retrocedí y me elevé más en el agua, con el fin de permanecer junto al cubil y no frente al mismo y para contemplar cómo la jibia se calmaba. Y entonces, en un instante, adoptó una pose agresiva y feroz, con los brazos extendidos, afilados como espadines, y con todo su cuerpo de un vivo color amarillo anaranjado. Parecía como si la orquesta hubiera producido de pronto un acorde disonante y violento. Los brazos terminaban en agujas, su cuerpo se cubrió de papilas dentadas como si fuera una armadura. En ese momento empezó a desplazarse un poco, unas veces mirándome y otras volviendo la vista hacia el mar. De nuevo me pregunté si yo era el destinatario de todo esto, pero, si se trataba de un alarde, este parecía encaminarse hacia todas las direcciones. Y yo me había retirado de la guarida cuando esta secuencia empezó, cuando el animal explotó en el amarillo anaranjado y la pose de los brazos con forma de agujas.

Todavía mirando hacia otra parte, la jibia comenzó a distender este *fortissimo*. Aunque pasó todavía por algunos cambios y poses más, estos parecían amansarse. Y después permaneció quieta, con los brazos colgando; su piel mostraba una combinación que variaba tranquilamente de los rojos, herrumbres y verdes que había estado generando cuando yo llegué. Girándose, me observó.

Ya tenía frío entonces y el agua empezaba a tornarse cada vez más oscura. Había permanecido junto a la jibia durante, quizá, 40 minutos. Ahora parecía tranquila y, tras el final de la sinfonía o del sueño, me alejé nadando.

6
NUESTRA MENTE Y LAS OTRAS

DE HUME A VYGOTSKY

En uno de los pasajes más famosos de toda la filosofía[1], en 1739, David Hume miró dentro de su mente en un intento de encontrar su *yo*. Trató de hallar alguna presencia perdurable, un ser permanente y estable que persistiera a lo largo del flujo desordenado de la experiencia. Afirmó que no pudo encontrarlo. Todo lo que logró descubrir fue una rápida sucesión de imágenes, pasiones momentáneas, etcétera. «Tropiezo en todo momento con una u otra percepción particular, sea de calor o frío, de luz o sombra, de amor u odio, de dolor o placer. Nunca puedo atraparme a mí mismo en ningún caso sin una percepción, y nunca puedo observar otra cosa que la percepción». Dichas percepciones o sensaciones, decía, lo comprenden a él; nada más. Una persona es solo un haz o colección de imágenes y sensaciones, «que se suceden entre sí con rapidez inconcebible y están en un perpetuo flujo y movimiento».

La mirada de Hume a su interior proporciona un buen punto de partida para este capítulo, porque todos podemos hacer lo mismo que él. Cuando lo realizamos, a pesar del confiado inventario de Hume, hallaremos seguramente dos aspectos que él no mencionó. Primero, Hume describió lo que encontró en su interior como una «sucesión» de sen-

saciones. Sin embargo, parece más exacto decir que descubrimos una *combinación* de sensaciones presentes en cada momento. Por lo general, nuestra experiencia forma una «escena» integrada: una mezcla de información visual, sonidos, una sensación de dónde está nuestro cuerpo, etcétera. No es una impresión tras otra, sino varias a la vez ligadas. A medida que el tiempo avanza, una de esas combinaciones pasa a otra.

Lo segundo que Hume pasó por alto resulta más llamativo. Cuando mira en su interior, la mayoría de la gente encuentra un flujo de *habla interior*, un monólogo que acompaña gran parte de nuestra vida consciente. Oraciones y frases, exclamaciones, comentarios poco sólidos, discursos que nos gustaría hacer o que quisiéramos haber hecho. ¿Acaso Hume no encontró esto en sí mismo? En algunas personas el monólogo interior se acentúa más que en otras. ¿Acaso Hume era una de aquellas para las que el habla interior es débil?[2] Es posible, pero pienso que es más probable que Hume en efecto encontrara el fraseo interior, pero que lo considerara solo una parte de la oleada de sensaciones, no como algo especial. Aquí hay colores y formas y emociones, pero también ecos de las palabras.

El desinterés de Hume hacia el habla interior también pudo haber estado guiado por su programa general sobre la filosofía, por la *forma* de la teoría que él quería defender. Hume se inspiró en las leyes de Isaac Newton en física, desencadenadas unos 50 años antes. Newton consideraba que el mundo estaba constituido por objetos minúsculos regidos por las leyes del movimiento y un principio de atracción entre ellos, conocido también como gravedad. Hume buscaba una explicación del mismo tipo para el contenido de la mente y pensaba que había descubierto un «poder de atracción» entre las impresiones sensoriales y las ideas, un complemento a la atracción de Newton entre los

objetos físicos. Hume quería una ciencia de la mente que tomara la forma de una cuasifísica, en la que las ideas se comportaran como átomos mentales. Las propiedades particulares del habla interior parecen poco relevantes para este proyecto y el contenido del balance mental particular de Hume encajaba bastante bien con sus objetivos filosóficos. Casi dos siglos después de Hume, el filósofo estadounidense John Dewey[3], que veía el mundo de manera muy diferente, señalaba: «Es totalmente posible que las "ideas" que Hume encontraba en flujo constante cuando miraba en su interior fueran una sucesión de palabras pronunciadas en silencio».

Casi por la misma época del comentario de Dewey, un joven psicólogo exponía una nueva teoría del pensamiento y del desarrollo infantil en los tumultuosos primeros años de la Unión Soviética. Lev Vygotsky era hijo de un banquero y creció en lo que en la actualidad es Bielorrusia[4]. Acababa de terminar sus años de estudiante cuando estalló la Revolución rusa de 1917. Durante un tiempo trabajó con los bolcheviques en el Gobierno local, defendió las ideas marxistas y desarrolló sus teorías en un contexto marxista. Vygotsky pensaba que, a medida que el niño se desarrolla y pasa de las respuestas simples al pensamiento complejo, tiene lugar un proceso de internalización del entorno en el lenguaje.

El habla común, decir cosas y oírlas, desempeña un papel organizativo en nuestra vida: nos ayuda a reunir ideas, prestar atención a cosas, hacer que ocurran acciones en el orden adecuado. Vygotsky pensaba que, a medida que los niños desarrollan su lenguaje hablado, adquieren también el habla interior; el lenguaje de un niño «se bifurca» en formas interiores y exteriores. Para Vygotsky el habla interior no constituye solo una versión no hablada del habla común, sino algo con sus propios patrones y ritmos. Esta

herramienta interior hace posible el pensamiento organizado.

Integrado tanto física como intelectualmente en la Rusia soviética, Vygotsky no tuvo en un principio influencia en Occidente. Hacia 1930 padeció una crisis personal e intelectual y empezó a revisar sus teorías. También debió hacer frente a las acusaciones de que su obra contenía elementos «burgueses». Vygotsky murió, cuando solo tenía 37 años, en 1934.

En 1962 apareció una traducción al inglés de su obra más importante: *Thought and Language [Pensamiento y lenguaje]*. Vygotsky está considerado todavía como un personaje algo marginal en psicología. Unos cuantos investigadores destacados que trabajan en la actualidad, como Michael Tomasello, reconocen su influencia (la primera vez que recuerdo haber visto el nombre de Vygotsky fue en los agradecimientos de un célebre libro de Tomasello)[5], pero muchos no lo hacen. Se refieran a él o no, el horizonte que Vygotsky abrió resulta cada vez más importante cuando intentamos comprender las relaciones entre la mente humana y las demás.

EL VERBO HECHO CARNE*

¿Cuál es el papel psicológico del lenguaje, nuestra capacidad para hablar y oír? En concreto, ¿qué función tiene toda esta habla interior inconexa, este parloteo? Tales preguntas propician tajantes divisiones. Para algunos, el habla interior es un comentario ocioso, algo superficial para el pensamiento y no muy importante. Para otros, como Vygotsky, constituye una herramienta enormemente relevante. En

* Jn 1, 14 *[N. del T.]*.

un pasaje breve, pero muy conocido, de *El origen del hombre*, de 1871, Charles Darwin afirmaba que el habla, ya sea interior o exterior, resulta necesaria para el pensamiento complejo.

> Las capacidades mentales en algún antepasado inicial tuvieron que haber estado mucho más desarrolladas que en ninguno de los simios actuales antes de que ni siquiera se hubiera podido usar la forma más imperfecta de habla. Sin embargo, podemos estar seguros de que el uso continuado y el progreso de esta capacidad [de hablar] tuvieron que haber tenido su efecto sobre la propia mente, permitiendo y promoviendo que esta produjera largas secuelas de pensamiento. Una serie extensa de pensamientos no puede realizarse sin la ayuda de palabras, de la misma manera que un cálculo extenso no puede hacerse sin el uso de números o de álgebra.

En un principio, esta opinión podría parecer inevitable: que el pensamiento complejo, con su paso de la premisa a la conclusión, de forma gradual, ha de necesitar el lenguaje o algo similar. Parece que el procesamiento interior organizado no puede tener lugar sin él.

Sin embargo, una vez hecha esta última afirmación, estamos refiriéndonos a algo que no es verdad. Ahora resulta evidente que dentro de otros animales ocurren cosas muy complejas sin ayuda del lenguaje. Recuerde el lector los papiones del capítulo anterior: viven en grupos sociales con alianzas y jerarquías complejas; poseen una forma de vocalizar sencilla, tres o cuatro gritos, pero el procesamiento interior de lo que oyen resulta mucho más complicado; pueden reconocer los gritos de cada individuo e interpretar una serie de llamadas efectuadas por papiones diferentes, y construyen una comprensión de aconte-

cimientos a su alrededor mucho más sofisticada que todo lo que un papión puede *decir*. Cuando elaboran estas narraciones, tienen algún medio para conectar ideas que excede lo que pueden expresar mediante su sistema de comunicación.

El ejemplo de los papiones resulta muy convincente, pero existen otros. En años recientes se ha asistido a una actualización continua y sorprendente de nuestro conocimiento sobre lo que determinadas especies de aves pueden hacer, en especial cuervos, loros y aves que almacenan alimento (como los arrendajos). Nicola Clayton y otros, de la Universidad de Cambridge[6], mediante una larga serie de estudios, han demostrado que las aves pueden almacenar comida de distinto tipo en cientos de lugares diferentes para recuperarla más adelante, así como recordar no solo dónde pusieron la comida, sino *qué* se guardó en cada lugar, con el fin de poder acceder a los artículos más perecederos antes que a los que duran más tiempo.

El propio Vygotsky, a principios del siglo XX, llegó a admitir algo de esto. Conocía los primeros atisbos de trabajos que demostraban que había complejidad en el pensamiento de los animales, investigaciones que podían haber resultado muy perjudiciales para sus teorías. Al principio, Vygotsky pensó que la internalización del lenguaje tenía que ser esencial para cualquier tipo de procesamiento interior complejo, pero entonces descubrió el trabajo de Wolfgang Köhler sobre chimpancés. Köhler era un psicólogo alemán[7] que pasó cuatro años trabajando en una unidad exterior en Tenerife, en las islas Canarias, durante el periodo de la Primera Guerra Mundial. En dicha isla estudió nueve chimpancés y consideró en especial la manera en que estos accedían a la comida en situaciones nuevas. A veces parecía que los chimpancés revelaran «intuición», decía Köhler, podían abordar problemas nuevos de mane-

ra espontánea. En su forma más conocida, amontonaban cajas una encima de otra y trepaban por ellas para alcanzar comida que colgaba fuera de su alcance. Köhler restó fuerza a la idea de que debe existir una relación necesaria entre el lenguaje y el pensamiento complejo.

Algunas pruebas en este sentido se abren camino incluso en los seres humanos. El psicólogo canadiense Merlin Donald utilizaba en su libro *Origins of the Modern Mind*, publicado en 1991, dos «experimentos naturales». En el primero examinaba los resultados que demostraban que había personas sordas en culturas preletradas que también carecían de un lenguaje de signos. Donald afirmaba que dichas personas vivían de una forma más usual de lo que cabría esperar si el lenguaje, en verdad, fuera esencial para alcanzar el pensamiento complejo. En el segundo utilizó el conocido caso de un monje canadiense francés llamado hermano John[8], que fue descrito en un artículo de 1980 por André Roch Lecours e Yves Joanette. El hermano John vivía de un modo normal la mayor parte del tiempo, pero padecía ataques esporádicos de afasia severa. En tales episodios perdía cualquier capacidad para hablar, tanto el habla como su comprensión, tanto exterior como interior. Durante estos accesos, que a veces tenían lugar en público, permanecía consciente, en cuyo caso tenía que habérselas con la situación de manera tan inventiva como le fuera posible. El artículo describe un incidente en el que llegó en tren a un pueblo, se produjo uno de esos ataques y tuvo que encontrar un hotel y pedir algo para comer. Lo hizo mediante gestos (que incluían indicar lo que suponía que era la parte adecuada de un menú ilegible) y sin que ninguna corriente lingüística interior organizara sus pensamientos y acciones. Si la hipótesis de que el lenguaje resulta fundamental para el pensamiento complejo es cierta, el hermano John tendría que haberse mostrado mucho

menos capaz de actuar del modo en que lo llevó a cabo. Posteriormente, John describiría estos episodios como muy difíciles y confusos, pero se las apañó y permaneció mentalmente *presente* durante los mismos.

Las ideas extremas a ambos lados del problema se desdibujan[9]: el lenguaje constituye una herramienta importante para el pensamiento, y el habla interior no es una simple trivialidad mental y acústica. Sin embargo, esta no parece esencial para la organización de ideas y el lenguaje no se presenta como *el* medio del pensamiento complejo. Dije en los párrafos iniciales que el balance de Hume de la vida interior era sorprendente, porque descuidaba el habla interior, pero se podría haber dado una respuesta exactamente análoga al comentario que cité de John Dewey. Este creía que las «ideas» en Hume *eran* solo una serie de palabras pronunciadas en silencio. Incluso si había realmente palabras presentes, ¿se equivocaba Hume al decir que encontraba «calor o frío», «luz o sombra», «amor u odio»? A buen seguro Dewey también encontraba estas cosas en sí mismo. Las listas de ambos filósofos parecen incompletas.

El papel que el lenguaje desempeña en nuestra mente podría no ser tan diferente del que Darwin esbozó, aunque este lo planteó de una forma demasiado drástica. El lenguaje proporciona un medio para la ordenación y la manipulación de las ideas. He aquí un ejemplo de investigaciones recientes en niños pequeños[10] realizadas en el laboratorio de Susan Carey, una psicóloga de Harvard. Consideró cuándo son capaces los niños de usar un principio lógico denominado *silogismo disyuntivo*. Supongamos que sabemos que *o bien A o bien B* son ciertos. Después aprendemos que *no es A*, de modo que hemos de concluir entonces que es *B*. ¿Pueden seguir los niños esta regla antes de añadir el término «o» a su vocabulario? Du-

rante un tiempo se pensaba que sí, pero ahora parece que necesitan haber aprendido esta palabra antes de que puedan llevar a cabo este proceso mental. (Si la pegatina se halla bajo esta taza o aquella taza y descubrimos que no está bajo esta taza, entonces...). Siempre es difícil deducir la relación entre causa y efecto en estudios parecidos, pero este da la impresión de ofrecer una conclusión muy del estilo de las de Vygotsky.

¿Cuáles son los mecanismos interiores mediante los cuales todo esto funciona? ¿Cómo es el verbo hecho carne? Aquí existe un elevado grado de incertidumbre. Sin embargo, un modelo plausible, extraído del trabajo de varias personas, es el siguiente[11].

El habla común funciona a la vez como entrada y como salida. El oído proporciona la entrada a la mente; nuestra habla constituye una salida. Hablamos y escuchamos y podemos oír *lo que* decimos. Incluso hacerlo en voz alta para nosotros puede ser una manera útil de abordar un problema. Ahora relaciono estos hechos familiares con un concepto que resulta cada vez más relevante[12] en las ciencias del cerebro: el de una *copia de eferencia*. (Aquí el término «eferencia» se traduce como salida o acción). La mejor manera de explicar dicha idea consiste en utilizar el ejemplo de la visión.

Cuando movemos la cabeza o modificamos la mirada, la imagen en nuestra retina varía de forma continua, pero esto no se percibe como una alteración en los objetos que nos rodean. Incesantemente compensamos los movimientos de nuestros ojos, de modo que, cuando algo *se mueve* en el entorno, lo registramos. Esto exige que para actuar tengamos que seguir la pista de nuestras propias decisiones. Con un mecanismo de copia de eferencia, cuando decidimos actuar (enviando una «orden» de algún tipo a nuestros músculos) también mandamos una imagen vaga de la mis-

ma orden (una «copia», en sentido tosco) a la parte del cerebro que se ocupa de las entradas visuales. Esto permite que esta considere lo que nuestros movimientos hacen.

Sin emplear el término, introduje la idea de las copias de eferencia[13] en el capítulo 4, cuando consideré de qué manera la evolución creó nuevos tipos de bucles entre la acción y los sentidos. Los animales de muchas especies que se mueven han de habérselas con el hecho de que lo que *hacen* influye en lo que *perciben;* esto conlleva tener que distinguir cuándo un cambio en lo que se percibe es producto de algo importante que ocurre fuera y cuándo se debe a las propias acciones del animal.

Además de ayudar a resolver problemas de percepción, estos mecanismos también desempeñan un papel en la realización de acciones complicadas. Cuando decidimos actuar, se pueden usar copias de eferencia para decirle al cerebro: «Este es el aspecto que han de tener las cosas, dado lo que acabo de hacer». Si estas no presentan el aspecto esperado, ello puede deberse a que algo en el entorno ha cambiado, pero también podría tratarse de que la acción que intentamos ejecutar no resultó como esperábamos. A menudo necesitamos resolver si el *intentar* hacer X llevó a que realmente *hiciéramos* X. Sabemos cómo deben encontrarse las cosas si empujamos una mesa, por ejemplo. Si estas no se hallan de la manera esperada, esto puede significar que la mesa tenía ruedas, pero podría traducirse en que no conseguimos empujar de ningún modo la mesa.

Apliquemos ahora todo esto al caso del lenguaje. Todos queremos que nuestras palabras surjan tal como pretendemos y el habla constituye una acción muy compleja. En ella, la creación de una copia de eferencia nos permite comparar las palabras que emitimos con una imagen interior de las mismas; esto puede utilizarse para deducir si los sonidos «salieron como debían». Cuando decimos co-

sas en voz alta, también registramos, en nuestro interior, los sonidos de lo que *queríamos* decir y entonces podemos saber si las palabras surgieron de manera incorrecta. El habla común implica, en un segundo plano, una especie de cuasidecir y de cuasioír interiores.

Hasta aquí, este lado oculto del habla común sirve de ayuda para el control de acciones complejas. Sin embargo, estas imágenes auditivas del habla, estas frases cuasidichas en nuestro fuero interno, parece que también adoptaron otros papeles. Una vez que generamos estas frases cuasidichas para comprobar qué es lo que decimos realmente, no hay necesidad de dar un gran paso hasta hilvanar frases que *no* pretendemos decir, frases y fragmentos de lenguaje que poseen un papel meramente interior. La formación de frases en el auditorio de nuestra imaginación crea un nuevo medio, un nuevo campo de acción. Podemos formular frases y experimentar sus resultados. Cuando oímos (en nuestro interior) de qué manera algunas palabras suenan juntas, podemos aprender algo acerca de cómo las *ideas* correspondientes suenan juntas; podemos poner cosas en orden, reunir posibilidades; podemos enumerar, enseñar y exhortar.

Antes mencioné a John Dewey, que comentó la omisión de Hume del habla interior cuando este describió lo que encontró en su fuero interno. Para Dewey, el habla interior resultaba importante, pero su papel era en gran parte mero entretenimiento, un vehículo para la narración. Parece extraño que no discutiera otros usos. Esto podría deberse a que Dewey era un filósofo intensamente social; pensaba que la mayoría de las cosas importantes que hacemos tienen lugar al aire libre. Para Vygotsky, el habla interior desempeña un papel en lo que ahora se denomina *control ejecutivo*. El habla interior nos proporciona una manera de realizar acciones en el orden adecuado *(primero desconecta*

la electricidad, después desenchufa la máquina) y de ejercer el control desde arriba sobre costumbres y antojos *(no comas otra rebanada)*. El habla interior también puede ser una manera de experimentar, para reunir ideas y ver qué resulta de una determinada combinación *(¿qué aspecto tendrían las cosas si yo pudiera desplazarme a la velocidad de la luz?)*. En la terminología empleada por Daniel Kahneman[14] y otros psicólogos, es una manera para el pensamiento de Sistema 2. Este es un estilo de pensamiento lento, deliberado, al que nos dedicamos cuando nos encontramos con situaciones nuevas, en oposición al pensamiento rápido (Sistema 1), que utiliza hábitos e intuiciones. El pensamiento de Sistema 2 intenta seguir reglas adecuadas de razonamiento y trata de considerar las cosas desde más de una perspectiva. Es pesado, pero potente. Así es como evitamos la tentación (si es que lo hacemos) y evaluamos si alguna acción nueva conseguirá realmente que el trabajo se lleve a cabo.

El habla interior parece ser una parte importante del pensamiento de Sistema 2. Es una manera de deambular por las consecuencias de las acciones, un modo de aplicar razones para resistir a la tentación. En referencia a los titubeantes monólogos interiores de las novelas de James Joyce, Daniel Dennett[15] ha bautizado como «máquina joyceana» al resultado de esta conexión del habla en nuestra cabeza. Pero ¿cómo una cosa tan trivial como un sistema de copia de eferencia puede dar lugar a algo tan potente? La mera existencia de retazos de lenguaje que flotan por nuestro interior no debería tener tantas consecuencias.

Parte de la explicación puede residir en la manera en que se *presta atención* a las frases del habla interior. Se hallan disponibles para gran parte del cerebro en algo parecido a la misma forma en que lo está el habla común. De hecho, las semejanzas son tan claras que es fácil que las

personas confundan sonidos que solo se encuentran en su imaginación auditiva con otros que en verdad oyen. En un experimento realizado en 2001[16], se pidió a diversas personas que escucharan un ruido aleatorio anodino a través de un equipo de auriculares y, además, se les comentó que, de forma esporádica, entremedias, sonaría la canción «Blanca Navidad» con un volumen muy bajo. Tenían que apretar un botón si estaban seguros de haber oído la canción. Alrededor de la tercera parte de los sujetos lo hicieron al menos una vez, pero, en realidad, nunca se reprodujo la canción. La interpretación usual del experimento consiste en que los sujetos del mismo imaginaron la melodía que se suponía que iban a escuchar y que a veces confundieron su propia proyección auditiva con una auténtica reproducción de la canción. Los sonidos que inventamos en nuestra cabeza, incluidos los de las palabras, se *emiten* en nuestra mente de manera parecida a como lo son muchas experiencias perceptuales habituales. Una vez que se ha formado una frase del habla interior, se halla expuesta al mismo tipo de procesamiento que se aplicaría a otra que oyéramos. Una combinación nueva de ideas o una incitación a actuar carecen ya de trabas para ser tenidas en cuenta; puede poseer el mismo tipo de efecto que una frase hablada normal. En estos fenómenos, incluido el experimento de «Blanca Navidad», se han basado algunos intentos de explicación de un síntoma común de la esquizofrenia, aquel en el que las personas «oyen voces» de una manera en que se alteran la forma de actuar y las señas de identidad.

El habla interior constituye en apariencia una herramienta más de un conjunto que nos permite desarrollar el pensamiento complejo. Otra es la imaginería espacial, imágenes y formas interiores. En un trabajo fundamental de la década de 1970, los psicólogos ingleses Alan Badde-

ley y Graham Hitch[17] proporcionaron un modelo de memoria a corto plazo [memoria activa o primaria], un almacén que todos tenemos para unos cuantos objetos de información que se retienen y que, por lo general, funcionan de manera consciente al momento. Baddeley y Hitch pensaban que la memoria a corto plazo posee tres componentes: un *bucle fonológico,* que puede reproducir sonidos imaginados como el habla interior, un *bloc de dibujo visoespacial,* que empleamos para manipular imágenes y formas, y un dispositivo de control ejecutivo que orquesta las actividades de los otros dos subsistemas. Los dibujos y formas interiores parecen, en algunos aspectos, muy diferentes del habla interior, pero también son herramientas para el pensamiento complejo y pueden tener orígenes similares en los mecanismos de copia de eferencia; en este caso, a partir del modo en que controlamos los movimientos de las manos y los gestos.

En nuestro conocimiento de este ámbito falta todavía mucho y algunos rasgos principales del panorama que he esbozado están fundados solo en conjeturas. El origen del habla interior y de sus parientes en los mecanismos de copia de eferencia no se ha demostrado, sino que constituye simplemente una hipótesis. Es posible, en cambio, que el habla interior y las imágenes tengan orígenes distintos. Pueden surgir meramente de la propia imaginación y solo de forma casual parecer productos de los antiguos mecanismos que posibilitan las acciones complejas.

EXPERIENCIA CONSCIENTE

El habla interior y los esbozos y formas con los que la lengua interior se enreda tienen unos efectos enormes sobre la experiencia subjetiva. Cualquier ser humano normal

dispone de un terreno para realizar incontables acciones invisibles. Los ecos y el comentario, el parloteo y la persuasión son tan vívidos como cualquier otra cosa en nuestra vida interior. Podemos estar sentados sin movernos, contemplando una escena fija, con nuestra mente *viva* con este material, llena de él en un gran batiburrillo. El habla interior destaca de manera tan subjetiva, para muchas personas, que puede avasallarlas; la gente usa la meditación para *librarse* del parloteo sin fin.

¿Qué nos dicen estas características del pensamiento humano acerca de los orígenes de la experiencia subjetiva? En el capítulo 4, esbocé un marco en el que la explicación aparece en dos partes. Primero, hay formas básicas de experiencia subjetiva que surgen de características generalizadas de la vida animal. Considero que el dolor constituiría un ejemplo. La segunda parte del relato trata de la evolución de tipos más sutiles de experiencia subjetiva: la experiencia *consciente*, en un sentido esencial de dicho término.

Creo que el habla interior y sus afines, las herramientas que he discutido en este capítulo, pueden completar dicha imagen. En el capítulo 4 presenté la teoría del espacio de trabajo de la consciencia, que propuso por primera vez el neurobiólogo Bernard Baars. Este intentaba explicar el pensamiento consciente en términos de un «espacio de trabajo global» interior, donde se puede reunir gran cantidad de información. Tal como Baars lo planteaba, la mayor parte de lo que ocurre en nuestro cerebro se produce de manera inconsciente, pero una pequeña fracción puede hacerse consciente si se aporta al espacio de trabajo.

Cuando se propuso por primera vez esta idea a finales de la década de 1980, parecía situarse demasiado cerca de las antiguas teorías que intentaban explicar la consciencia mediante la búsqueda de un *lugar* especial en el cerebro,

un sitio en el que, de alguna manera, los pensamientos adquieren un resplandor subjetivo. Baars fomentó esta metáfora espacial; el espacio de trabajo sería como un centro de atención. He visto a personas que defienden la idea del espacio de trabajo y que, a consecuencia de ello, se meten en problemas: «¿Qué hace que el espacio de trabajo sea especial? ¿Acaso vive allí un hombrecillo?». La idea del espacio de trabajo parecía, efectivamente, incómoda cuando se presentó, pero Baars había dado con algo y el trabajo científico guiado por esta idea pronto lo confirmó.

Baars tomó como uno de sus puntos de partida la idea de que la experiencia subjetiva humana está *integrada*. La información procedente de varios sentidos diferentes y de nuestra memoria se une para proporcionarnos un sentido de una «escena» global en la que habitamos y según la cual actuamos. Una versión de segunda generación de la teoría del espacio de trabajo[18] la defendieron los neurobiólogos franceses Stanislas Dehaene y Lionel Naccache en 2001. Dehaene y Naccache aducían que el pensamiento consciente en el ser humano posee una relación especial con situaciones y acciones nuevas que le aparta de su rutina. Empezamos a habérnoslas conscientemente con una tarea cuando se nos saca de nuestros hábitos, o no podemos aplicarlos, y tenemos que realizar algo nuevo. A menudo, resolver esta nueva acción requiere reunir varios tipos diferentes de información y ver qué ocurre. Para Dehaene y Naccache, la función del pensamiento consciente radica en hacer posible que nosotros llevemos a cabo acciones nuevas, deliberadas, que requieren que tengamos en cuenta el «cuadro completo».

A este enfoque se le suele denominar la «teoría del espacio de trabajo», pero siempre ha habido dos maneras de hablar de este, dos metáforas que la gente emplea para

describirlo. Baars, Dehaene y Naccache hablan también de una especie de *emisión* cuando describen cómo funciona la consciencia: emitir información a través del cerebro convierte a esta última en consciente. A veces parecen indicar que ambas cosas deberían ser necesarias: un espacio de trabajo y la emisión (Baars lo dice así); otras da la impresión de que estas son dos metáforas que se emplean para ayudarnos a comprender una única cosa.

Sin embargo, pienso que las metáforas son muy diferentes y «emitir» ni siquiera representa una metáfora clara en este contexto. La idea de la integración mediante la emisión debería verse como una sustitución de la de un espacio de trabajo interior, no como otra manera de expresar lo mismo. «¿Dónde está el espacio interior? ¿Quién lo contempla?», estas preguntas no nos inquietan cuando empleamos un modelo de emisión. Desde aquí, el paso siguiente consiste en ver que el habla interior y sus afines proporcionan un *medio* para emitir, un modo de cómo hacerlo. El habla interior proporciona una manera mediante la que somos capaces de encaminar cosas a través de nuestra mente de tal forma que se pueda establecer y usar la información. El habla interior no vive en una cajita en nuestro cerebro; el habla interior es *un modo que tiene el cerebro de crear un bucle,* entrelazando la construcción de pensamientos y su recepción. Y, cuando esto está hecho, el formato que proporciona el lenguaje nos permite juntar ideas en una estructura organizada.

No presento esto como una teoría completa de emisión interior y su relación con el pensamiento consciente. Dehaene y otros neurocientíficos esquematizan mecanismos para la emisión e integración de información que quizá no tienen nada que ver con el habla interior. Sin embargo, creo que esto es parte del relato y una de las varias maneras en las que las copias de eferencia y el habla interior

contribuyen a una explicación de los rasgos especiales de la experiencia humana.

Y aquí hay otra. Un fenómeno que desde hace mucho tiempo parece que tiene alguna conexión con la consciencia es el *pensamiento de orden superior*[19]. Esto es pensar *sobre* nuestros propios pensamientos; implica dar un paso atrás desde el flujo actual de nuestra experiencia y formular un pensamiento sobre este: «¿Por qué estoy de tan mal humor?» o «No me di cuenta de este coche». Hace tiempo que se considera que el pensamiento de orden superior debe desempeñar un papel en las teorías sobre la subjetividad y la consciencia, pero no queda claro cuál sea este papel. Algunas personas han afirmado que el pensamiento de orden superior se impone como necesario para cualquier tipo de experiencia subjetiva. Como resulta muy improbable que la mayoría de animales tengan pensamientos de orden superior, el resultado es un ejemplo extremo de lo que he denominado una teoría rezagada de la experiencia subjetiva. Otra posibilidad sería que el pensamiento de orden superior represente una de las características sofisticadas de la vida humana que haya remodelado la experiencia subjetiva en nosotros, aunque no generara experiencia.

Estoy a favor de una teoría de esta clase. Quisiera resistirme a la idea de que el pensamiento de orden superior constituye *el* paso adicional esencial que nos conduce al tipo de experiencia que vemos en los seres humanos; es un fragmento de dicho relato, aunque puede establecerse como una parte especialmente importante. Quizá las más vívidas de todas las formas de pensamiento consciente sean aquellas en las que podemos prestar atención a nuestros propios procesos mentales, en las que reflexionamos sobre ellos y en las que los experimentamos *como* propios. Somos capaces de considerar nuestros propios estados

interiores sin pensar en ellos con palabras, pero, en los casos de consciencia innegables, como «¿Por qué pensé en esto?» o «¿Por qué me siento de esta manera?», el habla interior sobresale. A menudo reflexionamos acerca de nuestros estados interiores formulando preguntas en nuestro fuero interno, comentarios y exhortaciones sobre ellos y esto no parece algo ocioso o simplemente un entretenimiento; puede ayudarnos a realizar cosas que, de otro modo, no podríamos.

CÍRCULO COMPLETO

Se desconoce la antigüedad del lenguaje humano[20] (quizá tiene medio millón de años, quizá menos) y se ha debatido mucho sobre cómo evolucionó a partir de formas de comunicación más simples. Sea como fuere el surgimiento del lenguaje, su aparición cambió el rumbo de la evolución humana. Por alguna senda sobre la que en la actualidad solo podemos especular, el lenguaje también se internalizó; se convirtió en parte de la maquinaria del pensamiento. Esta internalización (la transición de Vygotsky) fue asimismo un acontecimiento evolutivo importante. Esta es la segunda gran internalización que se discute en este libro. La primera, que ocurrió cientos de millones de años antes, se describió en el capítulo 2. Allí, cerca del inicio de la evolución animal, células que habían producido por evolución medios de percibir y de enviar señales para su uso en las interacciones entre ellas, y con el resto del ambiente externo, confirieron nuevos papeles a estos dispositivos. La emisión de señales entre células se utilizó para construir animales pluricelulares y en el interior de algunos de ellos surgió un nuevo dispositivo de control: el sistema nervioso.

El sistema nervioso se originó mediante una internalización de la percepción y de la señalización, y la internalización del lenguaje como una herramienta para pensar resultó ser otra. En ambos casos, un medio de comunicación entre organismos se convirtió en uno de comunicación dentro de ellos. Estos dos acontecimientos señalan la evolución cognitiva tal como ha ocurrido hasta la fecha: uno cerca de su inicio y otro en época reciente. El nuevo no se halla cerca del «fin» del proceso, pero sí cerca del fin del proceso tal como se ha desarrollado hasta ahora.

En otros aspectos estas dos internalizaciones poseen formas diferentes. En la evolución del sistema nervioso, la internalización de la emisión de señales se consiguió haciendo que el organismo fuera mayor: expandiendo los límites del organismo para incluir seres que con anterioridad eran independientes. En la internalización del lenguaje, los límites del organismo permanecieron inalterados, pero se estableció una nueva ruta en su interior.

En el capítulo 4 consideré el cambio evolutivo desde un flujo simple dirigido hacia delante, que relaciona los sentidos y la acción, hasta algo más enmarañado. En los casos más sencillos, existe una entrada sensorial y algún tipo de salida: lo que se hace depende de lo que se ve. Incluso en una bacteria, una flecha causal también señala en la otra dirección: una acción tiene un efecto *de facto* en lo que se percibe posteriormente. Sin embargo, en los animales con sistema nervioso, los bucles que relacionan la percepción y la acción se hacen más abundantes y son registrados *por* los propios animales. Nuestras reacciones cambian de forma continua nuestra relación con lo que nos rodea. Este hecho aparece por primera vez como un *problema* para un animal que intenta aprender cómo es el mundo. ¿De qué modo se puede seguir la pista de nuevos acontecimientos en nuestro entorno cuando todo lo que hacemos cambia

el aspecto del mundo? Sin embargo, lo que empieza como una dificultad puede más tarde convertirse en una oportunidad.

En 1950, los fisiólogos alemanes Erich von Holst y Horst Mittelstaedt[21] introdujeron un marco teórico para hablar de estas relaciones. Empleé uno de sus términos anteriormente en este capítulo: copia de eferencia. Ahora esbozaré algo más de su marco teórico. Utilizaron el término *aferencia* para referirse a todo lo que incorporamos mediante los sentidos. Parte de lo que entra se debe a cambios en los objetos que nos rodean: esto es *exaferencia* («ex» se refiere a exterior); y parte de lo que entra se debe a nuestras propias acciones: esto es *reaferencia.* Los animales se enfrentan al reto de distinguir entre los dos aspectos. La reaferencia hace que la percepción resulte más ambigua. Si nuestras propias acciones no alteraran lo que captan nuestros sentidos, la vida sería más fácil en algunos aspectos.

Una manera de plantear el problema es con los mecanismos de «copia de eferencia» que describí antes. Cuando nos movemos, enviamos una señal a las partes de nosotros que tratan de la percepción, que les dice que ignoren algo de lo que entra: «No os preocupéis, soy yo».

De la reaferencia surgen problemas, pero también oportunidades. Podemos influir en nuestros propios sentidos de maneras útiles. Aquí el objetivo no es filtrar y dejar fuera una contribución no deseada a lo que se percibe, sino utilizar nuestras acciones para *alimentar* la percepción. Un ejemplo sencillo sería escribir algo, una nota para uno mismo, que leeremos más tarde. Actuamos ahora, cambiando el entorno, y después percibiremos los resultados de nuestro acto. Esto nos permitirá hacer algo, en un momento posterior, que tiene sentido, dado lo que sabemos ahora.

Escribir una nota y leerla es crear un bucle reaferente. En lugar de desear percibir solo las cosas que *no* se

deben a nosotros (encontrar lo exaferente entre el ruido de los sentidos), queremos que lo que leemos se deba *totalmente* a nuestra acción previa. Deseamos que el contenido de la nota se deba a nuestros actos y no a alguna otra persona que interfiera o al deterioro natural del bloc de notas. Pretendemos que el bucle entre la acción presente y la percepción futura sea firme. Esto nos permite crear una forma de memoria externa, como era, con casi total certeza, el papel de gran parte de la primera escritura (que está llena de registros de mercancías y de transacciones) y quizá también el de algunas de las primeras pinturas, aunque esto resulta mucho menos evidente.

Cuando un mensaje escrito se dirige a otros, es comunicación normal. Cuando escribimos algo para leerlo nosotros, por lo general hay un papel esencial para el tiempo: el objetivo es el recuerdo en un sentido amplio. Sin embargo, el recuerdo de este tipo *es* un fenómeno comunicativo[22]; es comunicación entre nuestro yo actual y un yo futuro. Los diarios personales y las notas para uno mismo están integradas en un sistema de emisor/receptor, al igual que los tipos de comunicación más estándar.

En el capítulo 2 también discutí dos papeles diferentes que puede tener la comunicación entre individuos, papeles que esquematizan visiones diferentes de lo que hacían para sus poseedores los primeros sistemas nerviosos. Un papel es coordinar lo que se *percibe* con lo que se *hace;* se trata del ejemplificado por el código de la linterna de Paul Revere. El otro es coordinar diferentes componentes de una única acción, como cuando una persona «marca el ritmo de la boga» en un bote de remos. En aquel capítulo dije que, durante la mayor parte del tiempo, ambos papeles se efectúan a la vez, pero todavía merece la pena distinguirlos. Esto sería correcto, pero ahora también podemos ver una relación entre ellos que no parecía clara en aquella discusión inicial.

Cuando escribimos algo con el fin de acordarnos más tarde de terminar una tarea, estamos efectuando una marca que nuestro yo posterior *percibirá:* algo que percibiremos. En este sentido, es como el sacristán y Revere. Sin embargo, aquella marca la hizo nuestro yo actual para hacer que nuestro yo posterior haga algo que complete una tarea. En este sentido, es como la coordinación interior de actividades (modelado de la acción), aunque la coordinación hace uso de un bucle causal que pasa por el mundo externo. La coordinación implica efectuar una marca que más tarde se percibirá.

Algunos de estos bucles útiles pasan por fuera de la piel y otros lo hacen por dentro. Las copias de eferencia son mensajes interiores, actividad en el sistema nervioso. Cuando movemos la cabeza y parece que el mundo permanece quieto, esto se consigue por medios internos. Aquí se utiliza un mensaje interior para resolver un problema que surge a partir del efecto de la acción de percibir. Sin embargo, estos arcos internos, como los externos, pueden proporcionar también oportunidades y recursos nuevos. Este es el aspecto que presentan las cosas en el modelo que ofrecí antes para los orígenes del habla interior. Las copias de cosas que planeamos decir pueden originar acciones silenciosas propias: acciones interiores que plantean posibilidades, reúnen ideas y ejercen autocontrol. El habla interior podría ser sentida un poco como la reaferencia: como el resultado de una acción que afecta a nuestros sentidos, pero el habla interior está confinada dentro, de aquí que realmente no se *oye* (al menos cuando todo funciona como debiera). Si el habla interior constituye una especie de emisión de información en el cerebro, se parece al bucle de referencia que se ve cuando nos hablamos en voz alta a nosotros mismos o cuando nos escribimos notas. Sin embargo, esta vez el bucle resulta más ajustado y más confi-

nado, invisible en lugar de exterior, un campo para el experimento libre y silencioso.

Cuando contemplamos la mente humana como un lugar de innumerables bucles de este tipo, adquirimos una perspectiva diferente de nuestra propia vida y de la de otros animales. Esto incluye a los cefalópodos que se tratan en este libro. Su medio de expresión, colores y patrones, no se presta a bucles complejos. (Esto es cierto incluso si dejamos de lado las ironías asociadas al supuesto de que sean ciegos al color). Generar patrones en la piel, no importa lo complicados que puedan ser, se asemeja más a una calle de dirección única. El animal no puede ver sus propios patrones del modo en que una persona puede oír lo que dicen. Probablemente no existe mucho papel para copias de eferencia que impliquen patrones dérmicos (a menos que algunas teorías especulativas del papel de los cromatóforos en la percepción por parte de la piel sean correctas). Las exhibiciones de los cefalópodos poseen un enorme poder expresivo, pero, mientras observemos solo a un animal y no a una pareja o a un grupo, estas no permanecerán integradas en muchos bucles de realimentación y quizá nunca puedan estarlo. El caso del ser humano (extremo) sugiere que las oportunidades asociadas con la reaferencia ayudan a guiar la evolución de una mente más complicada. Los cefalópodos se hallan en una ruta diferente.

Y este no es el único aspecto de la vida de los cefalópodos que circunscribe sus posibilidades.

7
EXPERIENCIA COMPRIMIDA

DETERIORO

Empecé a observar a los cefalópodos de cerca, siguiéndolos en el mar, hacia 2008: primero a las jibias gigantes y después a los pulpos, una vez que aprendí a contemplarlos (durante todo el tiempo habían estado a mi alrededor, no me cabía duda). También comencé a leer sobre ellos y una de las primeras cosas que aprendí me impresionó. Las jibias gigantes, estos animales grandes y complicados, poseen una vida muy corta: solo uno o dos años. Al igual que los pulpos: uno o dos años es lo que suelen vivir. El mayor de ellos, el pulpo gigante del Pacífico, puede llegar como mucho hasta los cuatro años.

Apenas podía creerlo. Yo había supuesto que las jibias con las que había interactuado eran viejas, que se habían topado con humanos con frecuencia, que habían deducido cómo se comportaban y que habían visto pasar muchas estaciones en su retazo de océano. Todo esto lo había dado por sentado en parte porque aparentaban ser *viejas;* daban la impresión de tener mucho mundo. También parecían demasiado grandes para ser tan jóvenes, pues a menudo tenían entre medio metro y un metro de longitud. Sin embargo, aquel año me di cuenta de que me había topado con aquellas jibias en la primera parte de la estación re-

productora y de que todos los animales a los que había visitado pronto estarían muertos.

De hecho, así es como ocurrió. Hacia el final de aquel invierno austral las jibias experimentaron un deterioro repentino. Era visible a lo largo de semanas, a veces a lo largo de días, cuando yo podía seguir a un individuo concreto. De forma espontánea empezaron a desmembrarse. A algunas pronto les faltaron los brazos y porciones de carne. Comenzaron a perder su mágica piel. Al principio creí que algunas de ellas producían manchas blancas como parte de una exhibición, pero una observación más detallada me demostró que, en cambio, la capa exterior de piel, la pantalla de vídeo viva, se caía a trozos y dejaba atrás la carne blanca y desnuda. Sus ojos se agrisaron. Cuando este proceso alcanza su final, la jibia es incapaz de controlar su nivel en el agua. Una vez que se manifiesta el deterioro, este se produce de forma muy rápida. Parece como si su salud se desplomara desde lo alto de un acantilado.

Cuando supe que esta fase se acercaba, interactuar con estos animales, especialmente con los más afables, me conmovió. No les quedaba mucho tiempo. Este descubrimiento hizo también que el enigma de su gran cerebro resultara más profundo. ¿Para qué construir un sistema nervioso grande si tu vida se acabará en uno o dos años? La maquinaria de la inteligencia cuesta mucho, tanto a la hora de configurarla como de hacerla funcionar. La utilidad del aprendizaje, que un cerebro grande hace posible, parece depender de la duración de la vida. ¿Qué sentido tiene invertir en un proceso de aprendizaje sobre el mundo si apenas hay tiempo de utilizar dicha información?

A excepción de los vertebrados, los cefalópodos constituyen el único experimento de cerebro grande en la evolución. La mayoría de mamíferos, aves y peces viven mucho más tiempo que los cefalópodos. Es más, los mamíferos y las

aves *pueden* vivir más tiempo, si no se los comen ni se topan con algún otro percance. Esto es cierto sobre todo en las especies grandes, como perros y chimpancés, pero hay monos del tamaño de un ratón que viven unos quince años y colibríes que pueden durar más de diez. Muchos cefalópodos parecen demasiado grandes e inteligentes para vivir del modo en que lo hacen. ¿Qué razón tiene entonces toda esta capacidad mental si un pulpo muere apenas dos años después de haber salido del huevo?

¿Podría haber algo en el mar que imponga una vida corta? Pronto descubrí que esta no era la respuesta. Un pez de aspecto extraño que vive entre rocas y que habita en el mismo retazo de mar que mis cefalópodos pertenece a un grupo que incluye peces que viven hasta los doscientos años. ¡Doscientos! Esto parecía tremendamente injusto. ¿Un pez de aspecto aburrido vive durante siglos, mientras que las jibias, con su esplendor, y los pulpos, con su singular inteligencia, mueren antes de dos años?*

Otra posibilidad consistía en que algo en el plan corporal de los moluscos o los cefalópodos hiciera que una vida corta resultara inevitable. A veces oigo a personas que afirman esto, pero esta no puede ser la respuesta. Los nautilos, los elegantes cefalópodos, aunque nada extraordinarios desde el punto de vista psicológico, que navegan con su concha como submarinos por el océano Pacífico, pueden vivir más de veinte años. Estas son varias décadas dilatadas de vida para un animal que los biólogos, de manera no muy cariñosa, han calificado de «carroñero que

* La situación de los cefalópodos parece similar a la que se produce en *Blade Runner*, la película de Ridley Scott, en la que una clase de «replicantes» artificiales, pero de aspecto humano, son programados para morir pasados solo cuatro años. (En el libro de Philip K. Dick *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?*, en el que está basada la película, la muerte prematura de los replicantes se debe a una avería). Los replicantes de *Blade Runner*, a diferencia de los cefalópodos, conocen su suerte *[N. del A.]*.

olisquea y va a tientas», que es pariente de pulpos y sepias y que, además, vive de forma poco apresurada.

Todo esto proporcionó un sentido muy diferente a la vida de un pulpo o de una jibia: rica en experiencia, pero increíblemente comprimida. También aumentó la perplejidad acerca de los cerebros que posibilitan dicha experiencia.

VIDA Y MUERTE

¿Por qué los cefalópodos no viven más tiempo? ¿Por qué no vivimos *todos* más tiempo?[1] En las laderas de California y Nevada hay pinos que ya estaban vivos cuando Julio César se paseaba por Roma. ¿Por qué algunos organismos viven durante docenas, cientos o miles de años, mientras que otros, en el orden natural de los acontecimientos, no ven siquiera pasar un único año? La muerte por accidente o por enfermedad infecciosa no constituye ningún misterio; el enigma es la muerte por «edad avanzada». ¿Por qué, después de vivir durante un tiempo, nos descomponemos? Esta pregunta acecha siempre a medida que pasan los aniversarios, pero la corta vida de los cefalópodos hace que aquella esté más presente. ¿Por qué envejecemos?

Intuitivamente, tendemos a pensar en esto en términos de que el cuerpo *se deteriora.* Alguien podría decir: hemos de acabar desgastándonos, al igual que lo hace un automóvil. Sin embargo, la analogía con el automóvil no parece buena. Es cierto que las partes originales de un automóvil se estropean, pero un ser humano adulto no opera con sus partes originales. Estamos hechos de células que de forma continua incorporan nutrientes y se dividen, sustituyendo las partes viejas con otras nuevas. Incluso una célula que permanece viva durante un tiempo prolongado

regenera de un modo constante su material (bueno, la mayor parte del mismo). Si se sustituyen siempre las partes viejas de un automóvil con otras nuevas, no hay razón para que deje de funcionar.

He aquí otra manera de ver este rompecabezas. Nuestro cuerpo es una colección de células. Dichas células están unidas unas a otras y funcionan de una manera coordinada, pero son solo células. La mayoría de las que nos constituyen se dividen de forma continuada, creando dos de ellas a partir de una. Imaginemos que, por alguna razón, estas células que se dividen estuvieran destinadas a hacerse «viejas», aunque las células que se hallan realmente presentes ahora no haga mucho tiempo que estén aquí; es decir, supongamos que incluso las células recién llegadas muestren la edad de su *linaje* y que dicha edad sea la responsable del deterioro del cuerpo. Sin embargo, si es así como funcionan las cosas, ¿por qué todavía existen las bacterias y otros organismos unicelulares? Las bacterias individuales que se hallan presentes en la actualidad son el producto de divisiones celulares que tuvieron lugar en el pasado reciente, pero sus linajes celulares poseen miles de millones de años de antigüedad.

Piense el lector que tomamos un conjunto de bacterias de una especie concreta (quizá la familiar *E. coli*) y que las ponemos todas juntas en un grumo. Cuando dichas células se dividen, sus células hijas permanecen en el mismo grumo. De modo que el grumo persiste mientras las células vienen y se van. Si las condiciones fueran favorables, este grumo podría persistir durante millones de años. El grumo sería una especie de «cuerpo»: un gran conjunto de células. No hay razón para que se desgaste o para que se descomponga solo porque es viejo. De nuevo, las partes presentes *ahora no* son viejas; son células totalmente nuevas. Si este grumo de células puede vivir para siem-

pre, sustituyendo y reponiendo, entonces, ¿por qué no pueden hacerlo también los grumos que constituyen *nuestro* cuerpo?

Ahora el lector podría decir: es la disposición de nuestras células lo que nos hace diferentes de las bacterias. No somos solo un grumo. Esta disposición puede descomponerse, incluso si las células siempre son nuevas. Pero ¿por qué nuevas células no pueden rehacer la disposición correcta? Las células pueden generar la disposición correcta cuando una persona es concebida, nace y se desarrolla desde un bebé hasta un adulto. ¿Por qué la disposición necesaria para mantenernos vivos no puede ser *re*generada de forma constante por las células que aparecen de nuevo?

Las explicaciones en términos de «partes que se averían» no son suficientes para resolver el problema. Incluso si existe una versión de esta idea que sí que tiene sentido, encaja mal con muchas observaciones de la duración de la vida en los animales. Si la cuestión es «averiarse», entonces los animales que poseen una tasa metabólica más alta (que queman más energía) deberían envejecer más rápido. Esta relación presenta una *cierta* capacidad predictiva, pero falla en un buen número de casos. Marsupiales como los canguros tienen tasas metabólicas más bajas que los mamíferos placentarios como nosotros, pero envejecen más deprisa. El metabolismo de los murciélagos es frenético, pero envejecen de un modo muy lento.

Al nivel de las células existe la posibilidad de una renovación indefinida. Sin embargo, hay algo acerca de la clase de objetos que somos (del tipo de colectivos de células que somos) que nos proporciona a nosotros y a otros animales una relación con el envejecimiento diferente a la de otros seres vivos. Esta manera de considerar la cuestión nos hace retroceder muchos capítulos, a la evolución de los propios animales. En estos últimos, nacimiento y muerte

existen como límites que señalan una vida individual, aunque las células aparecen y desaparecen de forma continua y aunque los linajes de las células se extienden antes de nosotros y después. De modo que de nuevo nos enfrentamos al problema. ¿Por qué los colibríes viven hasta los diez años de edad, las gallinetas, aquellos peces de roca [del género *Sebastes*], hasta los doscientos, los pinos longevos, hasta que tienen varios miles de años de edad y los pulpos, hasta los dos años?

UN ENJAMBRE DE MOTOCICLETAS

Estas incógnitas se han resuelto en gran medida mediante algunos elegantes ejercicios de razonamiento evolutivo.

Si pensamos en términos evolutivos, es natural preguntarse si existe algún beneficio oculto en el envejecimiento mismo. Debido a que el inicio del envejecimiento en nuestra vida puede parecer tan «programado», esta es una idea tentadora. ¿No será que los individuos viejos mueren debido a que esto beneficia a la especie en su conjunto, al reservar los recursos para los jóvenes vigorosos? Sin embargo, como explicación del envejecimiento, esta idea da por sentados ciertos hechos: supone que los jóvenes *son* más vigorosos. Hasta donde sabemos, no hay ninguna razón que los obligue a serlo.

Además, no es probable que una situación de este tipo resulte estable. Supongamos que tenemos una población en la que los viejos «pasan el relevo» gentilmente en algún momento apropiado, pero en la que aparece un individuo que no se sacrifica de esta manera y que solo continúa funcionando: es probable que este deje algunos descendientes más. Si esta negativa a sacrificarse se transmitiera asimismo en la reproducción, se extendería, y la práctica

del sacrificio se debilitaría. De modo que, incluso si el envejecimiento beneficiara a la especie en su conjunto, esto no bastaría para hacer que se mantuviera. Esta argumentación no acaba con la hipótesis del «beneficio oculto», pero la teoría evolutiva moderna del envejecimiento ha adoptado un enfoque diferente.

El primer paso lo dio en la década de 1940 un inmunólogo inglés, Peter Medawar, en una breve discusión verbal. Una década más tarde, el biólogo evolutivo estadounidense George Williams añadió otro más. Una década después, en la de 1960, William Hamilton (probablemente *el* genio de la biología evolutiva de finales del siglo xx) dotó de rigor matemático a la nueva situación. Aunque la teoría se ha concretado de esta manera, las ideas cruciales son muy simples.

Empecemos con un caso imaginario. Supongamos que existe una especie de animal al que *no* le afecta el deterioro natural provocado por el paso del tiempo. Estos animales no muestran «senescencia», para emplear el término preferido por los biólogos. Los animales comienzan a reproducirse en una fase temprana de su vida y la reproducción continúa hasta que el animal muere debido a alguna causa externa: por ser comido, por hambre, por ser alcanzado por un rayo. Se supone que el riesgo de muerte debido a estos hechos es constante. En cualquier año, hay (pongamos por caso) una probabilidad del 5 por ciento de morir. Esta tasa no aumenta ni disminuye a medida que el animal envejece, pero existe un cierto número de años en los que, con casi total seguridad, sufrirá *algún* que otro accidente. En esta situación hipotética, un recién nacido tiene menos de un 1 por ciento de probabilidad de estar todavía vivo a los noventa años, por ejemplo. Sin embargo, si dicho individuo *consigue* llegar hasta los noventa, será muy probable que alcance los noventa y uno.

A continuación, hemos de considerar las mutaciones biológicas, es decir, los cambios accidentales que se producen en la estructura de nuestros genes. Esta es la materia prima de la evolución; muy raramente, tiene lugar una mutación que hace que los organismos sean más capaces de sobrevivir y de reproducirse. Sin embargo, la inmensa mayoría de mutaciones resultan perjudiciales o no tienen ningún efecto. La evolución produce lo que se denomina un *equilibrio mutación-selección* con respecto a muchos genes. Este funciona como sigue: las formas mutadas de un gen entran constantemente en la población como resultado de accidentes moleculares. Los individuos con la forma mutada tienen menos probabilidades de reproducirse, de manera que las mutaciones malas acaban por desaparecer de la población. Sin embargo, aunque se extingan todas la mutaciones malas, este proceso lleva tiempo y también siguen apareciendo mutaciones nuevas. De modo que cabe esperar que una población contenga siempre algunas formas con mutaciones perjudiciales de cada gen. Un equilibrio mutación-selección constituye una situación en la que las mutaciones malas de un gen son eliminadas con la misma rapidez con la que se introducen.

Las mutaciones suelen producirse en estadios concretos de la vida. Algunas actúan antes, otras, después. Supongamos que surge una mutación perjudicial en nuestra población imaginaria que solo daña a sus portadores cuando ya hace muchos años que han nacido. Los individuos que portan esta mutación funcionan bien durante un tiempo. Se reproducen y la transmiten. A la mayoría de individuos que *portan* la mutación nunca les *afectará,* debido a que alguna otra causa de muerte los alcanza antes de que la mutación presente algún efecto. Solo alguien que viva durante un periodo insólitamente largo padecerá sus consecuencias negativas.

Debido a que suponemos que los individuos pueden reproducirse durante toda su larga vida, existe una cierta tendencia a que la selección natural actúe contra esta mutación de efecto tardío. Entre los individuos que viven durante mucho tiempo, los que no sufren la mutación presentan más probabilidades de tener más descendientes que los que la tienen. Sin embargo, apenas nadie vive el tiempo suficiente para que este hecho suponga una diferencia. De modo que la «presión de selección» contra una mutación perjudicial de efecto tardío es muy leve. Cuando los accidentes moleculares introducen mutaciones en la población, como se acaba de describir, las mutaciones de efecto tardío se eliminarán de manera menos eficiente que las de efecto temprano.

Como resultado, el acervo génico de la población acabará por contener muchas mutaciones que dañan a los individuos de vida larga. Cada una de estas mutaciones se hará más común o desaparecerá, sobre todo debido al mero azar, y esto hace probable que algunas se extiendan. Cada individuo portará algunas de estas mutaciones. Entonces, si alguno con suerte elude a sus depredadores y otros peligros naturales y vive durante un periodo insólitamente largo, acabará por descubrir que las cosas van mal en su cuerpo a medida que aparecen los efectos de dichas mutaciones. *Dará la impresión* de haber sido «programado para deteriorarse», porque los efectos de estas mutaciones al acecho aparecerán de forma puntual. La población ha empezado a envejecer evolutivamente.

El segundo elemento principal en la teoría lo introdujo George Williams, un biólogo estadounidense, en 1957. No se trata de una hipótesis que rivalice con la primera; ambas son compatibles. La cuestión principal de Williams puede introducirse planteando una pregunta sencilla sobre el hecho de ahorrar para la jubilación. ¿Vale la pena ahorrar

dinero suficiente para vivir con lujo cuando lleguemos a los 120 años? Quizá sí, si tenemos una entrada de dinero sin límites. Quizá vivamos tanto tiempo. Sin embargo, si carecemos de ingresos ilimitados, entonces todo lo que ahorremos para destinarlo a una larga jubilación es dinero con el que no podemos hacer nada ahora. En lugar de ahorrar la cantidad adicional necesaria, podría tener más sentido gastarla, dado que, de todas maneras, no es probable que lleguemos a los 120 años.

Este mismo principio puede aplicarse a las mutaciones. Muchas de ellas tienen más de un efecto y, en algunos casos, una mutación podría presentar un efecto visible en las primeras etapas de la vida y otro manifestarse más adelante. Si ambos son negativos, no resulta difícil ver qué sucederá: la mutación se eliminará debido al efecto negativo que tiene en las primeras etapas de la vida. También es fácil comprobar qué ocurrirá si ambos efectos son buenos. Sin embargo, ¿qué pasa si una mutación tiene un efecto positivo ahora y uno negativo más adelante? Si «más adelante» está lo bastante alejado de modo que es probable que no lleguemos hasta aquella edad, debido a los riesgos cotidianos normales, entonces el efecto perjudicial no resulta relevante. Lo que ahora importa es el efecto positivo. De manera que las mutaciones con efectos buenos en los primeros estadios de la vida y los efectos malos en los estadios más avanzados de la misma se acumularán; la selección natural las favorecerá. Cuando se han manifestado en la población muchas de estas mutaciones y todos o casi todos los individuos son portadores de algunas de ellas, un deterioro en las etapas avanzadas de la vida parecerá programado con antelación. El deterioro surgirá puntualmente en cada individuo, aunque cada uno de ellos mostrará los efectos de manera distinta. Esto no sucede debido a algún beneficio evolutivo oculto del propio co-

lapso, sino a que este es el coste que se paga por los beneficios anteriores.

El efecto Medawar y el efecto Williams operan juntos. Una vez que cada proceso se inicia, se refuerza a sí mismo y también magnifica el otro. Existe una «retroacción positiva», que conduce a una mayor senescencia. Una vez que se establecen algunas mutaciones que llevan al deterioro relacionado con la edad, estas hacen que sea hasta *menos* probable que los individuos vivan más allá de la edad en la que dichas mutaciones actúan. Esto significa que existe incluso menos selección contra las mutaciones que solo tienen efectos negativos en aquella edad avanzada. Una vez que la rueda empieza a girar lo hace cada vez más rápido.

El cuadro que he planteado aquí está repleto de presiones que hacen que la duración de la vida se reduzca; pero ¿qué ocurre con los pinos longevos de California que tienen miles de años? No muestran ninguna señal de descomposición. Sin embargo, los árboles, en dos aspectos, son especiales. Primero, no cumplen uno de los supuestos que hice en una primera fase de la argumentación anterior. Dije que las diferencias entre el éxito que tienen los individuos a la hora de reproducirse en etapas avanzadas de la vida no son importantes desde el punto de vista evolutivo porque casi no hay individuos que lleguen hasta dichas etapas. Sin embargo, todo resulta distinto si los pocos individuos que *sí* se reproducen con éxito cuando son muy viejos tienen muchos descendientes. Esto no se cumple en nosotros, pero sí en los árboles. Cada rama de un árbol es un lugar en el que puede tener lugar la reproducción, de modo que un árbol muy viejo con sus muchas ramas sería mucho más fértil que un árbol joven. Esto permite evitar a los árboles algunas de las consecuencias de los argumentos de Medawar y Williams.

Segundo, un árbol es un tipo de ser vivo distinto de un animal y, hasta cierto punto, los argumentos de Medawar-Williams ni siquiera se podrían aplicar en su caso. La mejor manera de abordar este punto es considerar primero aquellos organismos que, cuando se observan con detenimiento, resultan ser colonias. Por ejemplo, algunas anémonas de mar forman colonias muy apretadas constituidas por muchos *pólipos* pequeños que tienen un buen grado de independencia, en especial en lo que concierne a la reproducción. Un pólipo puede producir otro por gemación y cada pólipo puede producir sus propias células sexuales. En principio dichas colonias pueden vivir indefinidamente, al igual que puede hacerlo una sociedad humana: los individuos humanos llegan y se van, pero la sociedad misma persiste.

Colonias y sociedades no están sujetas a los argumentos de Medawar y Williams, porque no se reproducen de la manera adecuada. En cambio, los miembros de la colonia o la sociedad (como los humanos) pueden mostrar senescencia. Un árbol cualquiera, como un pino o un roble, no es una colonia, aunque tampoco un organismo único en la manera en que lo es un ser humano. En algunos aspectos, se halla entre estos dos casos. Un árbol crece por la multiplicación de unidades pequeñas (los tallos que se ramifican), cada una de las cuales puede reproducirse por su cuenta y, si se corta y se trasplanta, puede dar origen a otro árbol. Cualquier organismo que crezca y se desarrolle mediante la multiplicación de unidades que puedan reproducirse de esta manera queda exento de los argumentos de Medawar-Williams.

He introducido las dos ideas principales que hay tras la teoría evolutiva del envejecimiento. En la década de 1960 la teoría adquirió rigor y se concretó cuando el teórico evolutivo inglés William Hamilton dedicó al problema su

enorme talento. Hamilton reestructuró las ideas básicas de forma matemática. Aunque su trabajo nos dice muchas cosas acerca del porqué del rumbo que tomó la vida de los seres humanos, Hamilton era un biólogo cuyo gran amor fueron los insectos y sus afines, en especial aquellos que hacen que nuestras vidas y las de los pulpos parezcan bastante rutinarias. Hamilton encontró ácaros cuyas hembras penden suspendidas en el aire con su cuerpo hinchado lleno de crías acabadas de eclosionar y cuyos machos de la puesta buscan a sus hermanas en el interior de la madre y copulan con ellas. Descubrió diminutos escarabajos en los que los machos producen y mueven células espermáticas más largas que su propio cuerpo.

Hamilton murió en 2000, después de enfermar de malaria en un viaje a África para investigar sobre los orígenes del VIH [Virus de la inmunodeficiencia humana]. Aproximadamente una década antes de su muerte, escribió acerca de cómo quería que fuera su entierro[2]. Deseaba que transportaran su cadáver a las selvas del Brasil y que un enorme escarabajo alado del género *Coprophanaeus* se lo comiera por dentro; este escarabajo utilizaría su cuerpo para alimentar a sus crías, que surgirían del cadáver y saldrían volando.

> Para mí, ni gusano, ni sórdida mosca, zumbaré en el crepúsculo como un enorme abejorro. Seré muchos, zumbaré incluso como un enjambre de motocicletas, seré llevado, un cuerpo con un cadáver volando, en la selva brasileña, bajo las estrellas, lanzado al aire bajo estos élitros hermosos y no fusionados que todos llevaremos sobre nuestro dorso. De modo que, finalmente, yo también brillaré como un escarabajo terrestre violeta bajo una piedra.

VIDAS LARGAS Y CORTAS

La teoría evolutiva del envejecimiento nos proporciona una explicación de los hechos básicos[3] del deterioro relacionado con la edad; aclara por qué el deterioro empieza a aparecer en los individuos viejos casi de forma simultánea. Se puede añadir algo más a este esbozo para ayudar a describir casos particulares. En mi experimento mental anterior supuse que la reproducción tiene lugar a lo largo de toda la vida de un organismo. En muchos animales, incluidos los cefalópodos, esto ni siquiera se aproxima al modo en que funcionan las cosas.

Los biólogos distinguen entre organismos *semélparos* e *iteróparos*. Los organismos semélparos se reproducen una vez o en una estación reproductiva corta. Este tipo de reproducción se denomina también del «gran estallido». Los organismos iteróparos, como nosotros, se reproducen muchas veces a lo largo de un periodo más extendido. En general, las hembras de pulpo son un caso extremo de semelparidad[4]: mueren después de una única gravidez. Una hembra de pulpo puede aparearse con varios machos, pero, cuando llega el momento de poner los huevos, se instala de forma permanente dentro de un cubil. Allí la hembra pondrá sus huevos, los aventará y los cuidará mientras se desarrollan. Esta única puesta puede contener muchos miles de huevos. La incubación puede durar un mes, o meses, en función de la especie y de las condiciones (todo sucede de forma más lenta en aguas frías). Cuando los huevos hacen eclosión, las larvas se dejan arrastrar por el agua. Poco después, la hembra muere.

Aquí estoy generalizando, pues existe al menos una excepción entre los pulpos[5]: una rara especie que encontró en Panamá el mismo equipo que estudió la emisión de señales por parte de calamares que se discutió en el capí-

tulo 5 (Martin Moynihan y Arcadio Rodaniche). En su especie, las hembras pueden reproducirse durante un periodo extenso. Nadie sabe por qué son una excepción.

Las jibias parecen algo diferentes, pero todavía se encuentran dentro de la categoría del «gran estallido». Solo permanecen activas durante una única estación reproductora, pero ambos sexos pueden dedicarse a muchos apareamientos y las hembras pueden producir muchas puestas de huevos en dicha estación. Las hembras no cuidan ni protegen los huevos, como hacen los pulpos, sino que los pegan a rocas en un lugar apropiado y los abandonan; luego se marchan para aparearse de nuevo y vuelven a poner. Después, como describí al principio de este capítulo, rápidamente se descomponen.

¿Por qué un organismo habría de dedicar todos sus recursos a una sola puesta o a una única estación de reproducción? De nuevo, todo depende mucho del riesgo de muerte por depredación y de otras causas externas, en especial de cómo cambia el peligro a lo largo de la vida de un animal. Supongamos que en algunos de ellos la fase juvenil es arriesgada, pero que, cuando llegan a adultos, pueden esperar vivir durante un tiempo sin ser comidos. Entonces tiene sentido que los adultos se reproduzcan más de una vez. Esto puede aplicarse a los peces y a muchos mamíferos. En cambio, si la fase adulta de la vida resulta muy azarosa, podría tener mucho más sentido «ir a la bancarrota» tan pronto como se alcance una fase en la que uno puede reproducirse.

Las estaciones también desempeñan un papel, pues puede haber una más propicia para poner los huevos o para la eclosión de los mismos. Esto determinará un calendario en cada año; quizá sea más beneficioso aparearse en primavera o en invierno. Entonces la pregunta sería: ¿durante cuántos años debe uno intentar reproducirse? En prin-

cipio parecería evidente que no existe nada malo en confiar en que, al menos, uno seguirá vivo otro par de años. *Podríamos* superarlos. ¿Por qué entonces deshacernos en pedazos en el ínterin? Sin embargo, aquí retorna el argumento de Williams, junto con la necesidad de pensar acerca de estas cuestiones evolutivas considerando un número enorme de individuos y muchas generaciones. En abstracto, querríamos vivir y reproducirnos eternamente..., al menos desde un punto de vista evolutivo. Sin embargo, ¿quién dejará más descendientes?, ¿un organismo que lo derrocha todo en una estación reproductora o un rival que invierte menos ahora con la esperanza de reproducirse más tarde? Si gastamos menos para ahorrar algo para después, esto no nos hará ningún bien, si los animales de nuestra especie presentan pocas probabilidades de *llegar* hasta la siguiente estación de reproducción. En este caso, es mejor dejarlo todo en manos de una sola estación de reproducción y optar por lo que nos proporciona una ventaja ahora, incluso aunque nos derrumbemos una vez que se haya terminado la estación.

La evolución puede conferir a una especie una enorme duración de la vida o una muy pequeña. Entre los animales, la gallineta de 200 años y las jibias son casos extremos; los seres humanos nos encontramos en una situación intermedia. Nosotros y la gallineta maduramos muy lentamente y nos reproducimos a lo largo de varios años, pero la gallineta continua durante más tiempo. Es un animal espinoso y venenoso al que nadie intenta comerse. Las jibias, en contraste, se apresuran para hacerse grandes y fértiles, se aparean en una estación y después se caen a pedazos.

La duración de la vida de los diferentes animales se establece en función de su riesgo de muerte por causas externas, de lo rápidamente que pueden alcanzar la edad

reproductiva y de otras características de su estilo de vida y de su ambiente. Esta es la razón por la que podemos vivir casi un siglo, un pez anodino puede durar el doble de tiempo, la vida de un pino puede transcurrir desde la época de san Juan Bautista hasta la nuestra y una jibia gigante, con sus locos colores y su afable curiosidad, llega y se va en un par de veranos.

A la luz de todo esto, creo que está empezando a resultar más evidente cómo los cefalópodos llegaron a tener su peculiar combinación de características. Los cefalópodos primitivos poseían conchas externas protectoras que arrastraban mientras vagaban por los océanos. Después, se abandonaron las conchas[6]. Esto tuvo varios efectos relacionados. Primero, confirió al cuerpo de los cefalópodos sus estrafalarias e ilimitadas posibilidades. El caso extremo serían los pulpos, prácticamente sin partes duras y con neuronas dispersas por todo el cuerpo en lugar de huesos. En el capítulo 3 sugerí que este carácter abierto, este mar de posibilidades de comportamiento, fue crucial para la evolución de su complejo sistema nervioso. La pérdida de una concha por sí sola no provocó la presión evolutiva que condujo a estos sistemas nerviosos, sino que, más bien, se estableció un sistema de retroalimentación. Las posibilidades inherentes a este cuerpo crearon una oportunidad para la evolución de un control más sutil del comportamiento. Y, una vez que se posee un sistema nervioso mayor, se pueden expandir todavía más las posibilidades del cuerpo: reunir todos aquellos sensores en los brazos, crear la maquinaria del cambio de color y una piel que puede ver.

La pérdida de la concha tuvo también otro efecto: hizo que los animales fueran mucho más vulnerables frente a los depredadores, en especial frente a los peces de movimientos rápidos, con huesos, dientes y buena visión. Esto favoreció la evolución de tretas y camuflaje.

Sin embargo, existe un límite a lo que dichos trucos pueden conseguir, pues estos solo salvarán al animal un determinado número de veces. Los pulpos no pueden esperar vivir mucho tiempo, en especial porque, como depredadores que también son, han de permanecer activos. No pueden esconderse en un agujero y esperar a que les llegue la comida; han de ir de un lado para otro y, una vez que se hallan en campo abierto, son vulnerables. Esta vulnerabilidad los convierte en candidatos ideales para que los efectos de Medawar y Williams compriman su duración de la vida natural; la duración de la vida de un cefalópodo ha sido ajustada por el riesgo continuo de no llegar hasta el día siguiente. Como resultado, han acabado por tener su insólita combinación: un sistema nervioso muy grande y una vida muy corta. Poseen el sistema nervioso grande por lo que estos cuerpos ilimitados hacen posible y por la necesidad de cazar mientras son cazados; su vida es corta porque su vulnerabilidad ajusta la duración de su vida. Esta combinación, en un principio paradójica, cobra sentido.

Este cuadro viene respaldado por el descubrimiento reciente de una excepción al patrón habitual de los cefalópodos, la cual confirma la regla. La mayor parte de lo que he explicado sobre los pulpos se ha basado en especies que viven en aguas relativamente someras, entre arrecifes y cerca de la costa. Se sabe mucho menos sobre las especies que viven en las grandes profundidades del mar. Un centro de investigación marina de la bahía de Monterrey, California (MBARI)*, explora ambientes del mar profundo con submarinos dirigidos por control remoto que pueden llevar cámaras de vídeo. En 2007 inspeccionaban un afloramiento rocoso ubicado a un kilómetro y medio de profundidad en aguas situadas frente a la costa de California central[7].

* Instituto de investigación del acuario de la bahía de Monterrey *[N. del T.]*.

Vieron un pulpo abisal *(Graneledone boreopacifica)* que se desplazaba por el fondo. Volvieron al cabo de un mes y encontraron al mismo pulpo cuidando una puesta de huevos. Regresaron de nuevo al lugar para contemplar el progreso de esta puesta y siempre encontraron allí al pulpo. Al final observaron a este pulpo durante cuatro años y medio.

Aquel pulpo incubó sus huevos durante más tiempo del que se piensa que vive en total cualquier otro pulpo conocido y los 53 meses que pasó allí constituye el periodo de incubación más largo conocido de cualquier especie animal. (Por ejemplo, no se conoce ningún pez que proteja sus huevos durante más de cuatro o cinco meses). No se sabe cuánto tiempo puede vivir esta especie de pulpo, pero, tal como señala el informe de Bruce Robison y sus colegas, si invierte la misma fracción de tiempo incubando que las demás especies de pulpos, podría vivir unos 16 años.

Esto es una evidencia firme contra cualquier sugerencia de que el cuerpo de los pulpos plantea alguna barrera fisiológica a una vida longeva. Pero ¿por qué este pulpo vive durante tanto tiempo cuando otras especies no lo hacen? El artículo de Robison y sus colegas discute la manera en que la temperatura del agua puede hacer que los procesos biológicos operen de una manera más lenta. Por lo general, las aguas profundas son muy frías (y no puedo evitar recordar el hecho de que una vez hice una inmersión cerca de Monterrey y tuve más frío del que jamás he sentido en mi vida). Gran parte de la vida transcurre muy despacio en agua fría. Robison y sus coautores creen que esta es parte de la razón por la que la madre, como parece, puede estar viva durante tanto tiempo sin comer. El artículo también indica que la larga incubación permite que los jóvenes salgan del huevo en un estado grande y avanzado. Robison piensa que, en este ambiente, el prolongado desarrollo del huevo confiere a un cefalópodo una ventaja competitiva.

Sin embargo, yo también sugeriría que la teoría de Medawar-Williams tiene un papel que desempeñar. Esta teoría predice que los riesgos de depredación han de ser mucho menos graves para esta especie que los que sufren los pulpos de aguas más someras, pues el riesgo de depredación afecta a la duración de la vida «natural» de un animal. Y aquí tenemos una pista importante. Las imágenes del MBARI muestran a un pulpo posado en campo abierto con sus huevos durante años y años. La hembra del pulpo no encontró una guarida. Hasta donde yo sé, los pulpos de aguas someras no incuban nunca sus huevos de esta manera. Serían presa fácil para cualquier depredador que apareciera por ahí. Sin embargo, en el mar profundo los peces se comportan de una manera mucho más extraña que en aguas superficiales. El hecho de que el pulpo de Monterrey incubara con éxito sus huevos en terreno abierto sugiere que esta especie tenía menos que temer de la depredación que otros pulpos. Como resultado, la evolución ha ajustado de manera diferente la duración de su vida[8].

Si juntamos todo esto[9], podemos comprobar cuántas de las características de los cefalópodos (especialmente aquellos rasgos tan pronunciados en los pulpos) podrían haber surgido del abandono de la concha hace muchísimos años. Este último puso a los pulpos en una senda de movilidad, destreza y complejidad del sistema nervioso y también los obligó a vivir rápido y morir jóvenes, a una existencia siempre expuesta a los depredadores de aguzados dientes que los rodean.

FANTASMAS

Un día buceaba en Sídney, un poco alejado de mis lugares habituales. De pronto todo tomó un color oscuro y trans-

currió un momento antes de que me percatara de que me había introducido en una enorme nube de tinta. Aquel fondo se encontraba lleno de bloques situados juntos, pero con profundas grietas entre ellos. El área llena de tinta parecía del tamaño de una habitación grande. Todo tenía un color gris pólvora, con gruesas formas fibrosas de color negro suspendidas aquí y allí. Había demasiada tinta para ver qué ocurría, en especial en el interior de las grietas, y la tinta permaneció allí durante mucho tiempo.

Al día siguiente eché un vistazo a la misma área. No había tinta, pero empecé a observar docenas de huevos de jibia desparramados por la arena en el fondo de algunas de las grietas. También había una jibia gigante cerca: su estado era espantoso y su cuerpo parecía casi blanco del todo; además, tenía los brazos muy dañados. Me observó mientras se cernía. Mirando con más detenimiento, encontré otras tres jibias, todas bastante grandes, agrupadas bajo una estructura similar a Stonehenge, con un techo de roca natural que se elevaba varios metros sobre el fondo del mar. Resultaba evidente que una jibia era macho y las otras, hembras, así como que se encontraban en varias fases de deterioro. Las que estaban peor habían perdido gran parte de su piel, lo que dejaba al descubierto un cuerpo desnudo de color blanco perlado, con rajaduras que se extendían y que se entrecruzaban, como cristal roto, en la piel que quedaba. Las que tenían más piel eran de color gris pálido. Los ojos de algunas de ellas se hallaban en muy mal estado. Llegó nadando una quinta jibia, a la que le quedaba algo del color amarillo vivo en su piel. Sin embargo, cinco de sus brazos habían desaparecido en gran parte y mostraba heridas oscuras en la carne que quedaba. Se alejó nadando.

Las cuatro jibias se dejaban arrastrar, todas juntas, por débiles corrientes entre las rocas. Los huevos desparrama-

dos por el fondo marino eran intrigantes. En general, las jibias gigantes fijan los huevos al techo de una cornisa de algún tipo, del que penden como bulbos de tulipán. Yo no podía afirmar si aquellos huevos habían sido arrastrados por la corriente desde donde se suponía que debían estar o si habían sido puestos donde se hallaban ahora. La tinta que había visto el día anterior sugería que algo podría haber salido mal, pero no tenía ni idea de qué. Las jibias no prestaban atención a los huevos; solo esperaban. También daba la impresión de que me observaban, pero con muy poca exhibición, y yo no estaba seguro de que todas ellas pudieran verme. Pálidas y quietas, se asemejaban a fantasmas de cefalópodos.

Durante algunos días hubo jibias en aquel lugar; parecía que había entradas y salidas. Los huevos permanecían en el fondo de una grieta, con poca luz y con fango a su alrededor. Al final me encontraba allí cuando una de las hembras murió. Cuando yo llegué, la jibia estaba flotando justo fuera de la grieta. Gran parte de su piel se había perdido y le quedaban retazos de color pardo anaranjado. Dos de sus brazos se habían perdido por completo y uno de sus tentáculos alimentarios colgaba inmóvil.

Todavía nadaba, sus aletas se movían con lentitud. Mientras la observaba, me di cuenta de que ambos ascendíamos un poco en la columna de agua y dejábamos atrás la grieta de las rocas. Pronto dos peces se interesaron por ella. Uno rosado empezó a dar vueltas a su alrededor, pero no la atacaba. Un monacántido grande suponía un problema mayor. Llegó, miró y dio vueltas; después inició una serie de ataques con los que buscaba morder fragmentos de la parte delantera de la jibia, aunque la víctima era varias veces mayor que el atacante. Traté de mantener alejado al pez, pero este no se retiraba muy lejos y, siempre que podía, reanudaba sus embestidas.

En respuesta a las primeras acometidas, la jibia solo se encogió y agitó sus brazos, sin ningún efecto. El pez no dejaba de acercarse. Me di cuenta de que mis intentos de defender a la jibia parecían causar más pánico en la jibia que los embates del pez. Yo era demasiado grande para hallarme tan cerca.

El monacántido se acercó de nuevo y mordió con más fuerza; esta vez la jibia le arrojó tinta. El pez apenas desistió de su empeño y se acercó de nuevo. Ahora la jibia le lanzó mucha más tinta y también empezó a ascender despacio en espiral. Continuamos subiendo, pasivamente, en el agua. Con el lento ascenso y mientras la tinta gris-negra salía de su embudo, la jibia parecía un torpe avión incendiado: un avión que se elevaba en lugar de caer hacia tierra. Ya fuera debido a la tinta o a la altura que ahora habíamos alcanzado en el agua, el pez abandonó sus ataques. Sin embargo, esto era todo lo que la jibia podía hacer. Mientras continuaba subiendo, el giro en espiral se detuvo. El animal subió el último metro de agua y, de pronto, se halló flotando sobre la superficie completamente quieta. La superficie del agua era un caos de pequeñas olas que ahora hacían que la jibia chapoteara de un lado para otro. La dejé allí.

La muerte de la jibia resultó ser un tránsito: de nadar en la profundidad en su mundo tranquilo, y tras realizar un lento ascenso en espiral, pasó a dejarse arrastrar por nuestra ruidosa superficie.

8
OCTÓPOLIS

UNA BRAZADA DE PULPOS

En la actualidad, el principal lugar en el que observo a pulpos es Octópolis[1], a 15 metros bajo la superficie, en aguas de la costa oriental de Australia. A medida que nos sumergimos, en los días claros, el lugar tiene un color verde esmeralda como el de Oz. En otros es más parecido a una sopa gris. Empecé a visitar el sitio poco después de que Matt Lawrence lo descubriera en 2009. Allí el número de pulpos aumenta y disminuye, pero siempre se encuentran presentes. En los días más intensos se pueden contar más de una docena, deambulando, luchando o simplemente posados, todos en y alrededor de una liza de solo unos pocos metros de diámetro.

De vez en cuando habían aparecido en el pasado informes de grupos de pulpos[2], pero Octópolis fue el primer lugar que podía visitarse un año tras otro con varios animales siempre presentes que, con frecuencia, interactuaban. A veces, un pulpo concreto parece tener un cierto dominio del sitio, pero dicho dominio suele ser parcial, pues hay demasiados individuos para que un pulpo se ocupe de todos ellos a la vez. Al principio pensamos que podría tratarse de una situación parecida a la de un harén, con un macho y muchas hembras, pero resultó que esto no era así. Con

cierta frecuencia hay varios machos presentes, aunque no están muy cerca unos de otros. Es difícil saber el sexo de un pulpo sin interferir con él. En muchas especies, la principal diferencia es un surco bajo el tercer brazo derecho de los machos, que se utiliza en el apareamiento. Este brazo se extiende hacia la hembra, a veces desde muy cerca, a veces desde una prudente y mayor distancia. Si la hembra lo acepta, entonces se transfiere un paquete de esperma a lo largo de la parte inferior del brazo. Las hembras suelen almacenar el esperma durante algún tiempo antes de fecundar sus óvulos.

Desde el principio decidimos interferir lo menos posible con los pulpos. Interactuamos con ellos, pero solo cuando estos quieren. Nunca sacamos a los pulpos de sus cubiles y mucho menos los rodeamos e inspeccionamos su parte inferior. De modo que la única manera fiable de decir cuál de ellos es un macho y cuál una hembra es observar cómo se comportan y ver cuál de ellos se dedica al estiramiento de los brazos que hacen los machos. De esta manera a menudo somos capaces de deducir el sexo de algunos individuos del lugar, aunque otros casos siguen sin estar claros. Para nosotros esta prueba es suficiente para estar seguros de que con frecuencia hay presentes varios machos y hembras.

Al principio, Matt Lawrence y yo simplemente nos sumergíamos y los observábamos y siempre que retornábamos a la superficie nos preguntábamos qué harían los pulpos una vez que nosotros nos marchábamos. Durante un tiempo solo podíamos especular, pero pronto estuvieron disponibles los sistemas de cámaras de vídeo GoPro. Adquirimos un par de ellas, las pusimos sobre trípodes y empezamos a dejarlas en el fondo con los pulpos.

La primera vez que rescatamos estas cámaras y visionamos las cintas de vídeo no teníamos ni idea de con qué

nos encontraríamos. Raramente se había filmado antes el comportamiento de los pulpos sin buceadores, ni submarinos en el entorno. ¿Se comportarían de manera completamente diferente cuando solo los observaba una pequeña cámara y harían algo absolutamente nuevo? Hasta donde podemos decir, obran de manera bastante parecida[3] estemos allí con ellos o no, aunque, cuando estamos ausentes, existe un poco más de movimiento y de interacción. En un sentido esto fue decepcionante (no había secretas acrobacias de grupo), pero en otro resultó reconfortante, porque confirmó que nuestra presencia no los molesta demasiado.

He aquí un fotograma típico procedente de uno de estos vídeos, con tres pulpos recorriendo el fondo de conchas. El más alejado, en el centro, está a punto de salir propulsado «a chorro» hacia algún lugar y el de la derecha también se desplaza utilizando la potencia de su sistema de propulsión.



Poco después de que este trabajo se iniciara, un biólogo que trabaja en Alaska, David Scheel, se puso en contacto conmigo. David se formó estudiando leones en África[4].

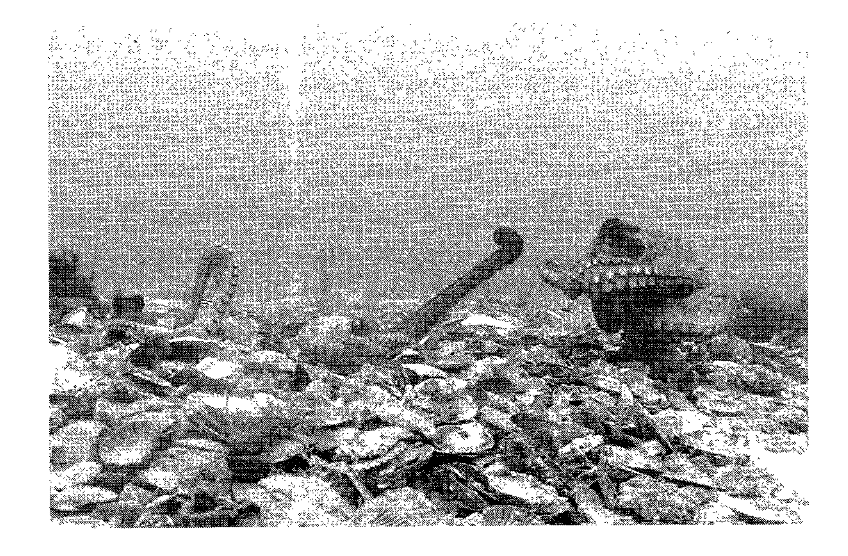
Pasó semanas siguiendo lentamente a pequeños grupos de leones, de día y de noche, en un todoterreno, registrando cómo se desplazaban y cazaban. Después cambió de animales y ahora es un experto en la mayor especie de pulpo: el pulpo gigante del Pacífico. Estos animales pueden pesar hasta 40 kilogramos o más y, a veces, David ha de lidiar para arrastrar a uno hasta la superficie en las gélidas aguas de Alaska y meter al animal en una barca para estudiarlo en su laboratorio. El suyo no es uno de esos laboratorios que, de forma rutinaria, destripan a los animales, y ha trabajado mucho siguiendo los movimientos de los pulpos a los que fija pequeños transmisores y a los que libera después. David estaba entusiasmado por el hecho de trabajar con una especie diferente (en agua más cálida). Pronto empezó a realizar viajes a Australia y tuvimos a otra persona apretujada en el bote de Matt mientras navegábamos hacia Octópolis.

Con la ayuda de David nuestra manera de pensar sobre el lugar se hizo más sistemática y pasamos mucho más tiempo midiendo y contando. David es también mucho mejor que yo a la hora de poner orden en la masa de datos videográficos que reunimos. Le resulta fácil filtrar el enorme caos con el fin de encontrar patrones y plantear preguntas a las que sí puede darse respuesta. En el verano austral de 2015, en el que se nos unió Stefan Linquist, pasamos un par de días fondeados cerca del sitio en una barca mayor, intentando monitorizar prácticamente todas las horas diurnas con nuestras cámaras de vídeo automáticas. Casi nunca es posible hacerlo. Un enemigo de las cámaras son los propios pulpos. Nuestras cámaras blancas, que parecen cabezas, montadas sobre trípodes, podrían parecerse algo a intrusos de algún tipo: quizá a cefalópodos de tres pies, estáticos y erguidos. Unas veces las cámaras son inspeccionadas con detenimiento y otras son atacadas

mientras filman. Debido a ello, el archivo final está lleno de primeros planos de ventosas y mordiscos. En otras ocasiones, enormes pastinacas penetran planeando en el lugar y desmoronan todo lo que encuentran.

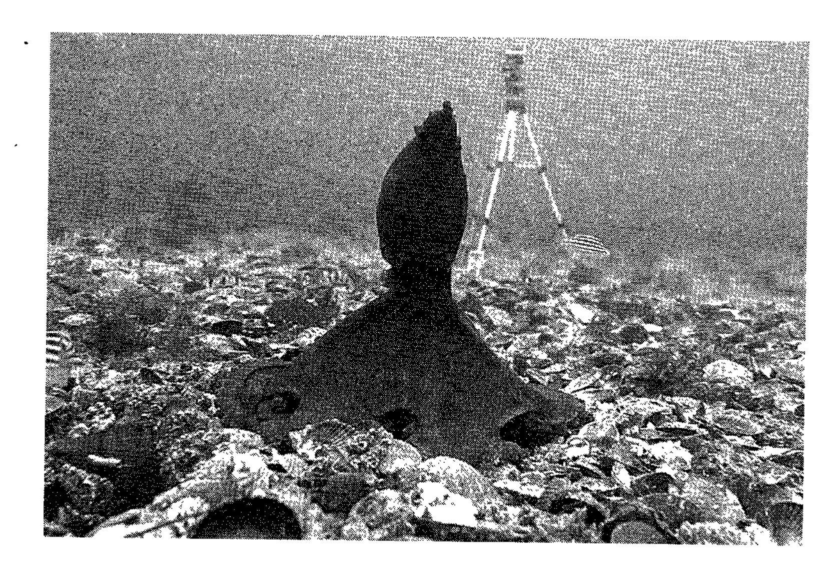
En enero de 2015 los astros se alinearon; filmamos mucho y no pudimos haber elegido un mejor momento para hacerlo. Observamos un nivel de actividad sin precedentes y algunos de los comportamientos que habíamos visto antes de forma ocasional se convirtieron en patrones concretos. Un único pulpo, un macho grande, parecía determinado a controlar el acceso al lugar. Patrullaba continuamente durante las horas del día. Perseguía a algunos pulpos y luchaba con intensidad si no se retiraban (como se muestra en algunas de las fotos en color del cuadernillo central del libro). Toleraba a otros (pensamos que se trataba de hembras) y, a veces, los conducía a guaridas si se alejaban.

Cuando un pulpo deambula sobre el lecho de conchas, tanto el que vaga como los que se hallan en sus cubiles se tocan con los brazos y, a veces, se golpean. A lo largo de los años, en esta lugar hemos visto muchos contactos con los brazos y siempre he pensado en ello en términos pugilísticos; en nuestro primer artículo describí el «boxeo» como un comportamiento frecuente. Sin embargo, Stefan Linquist (una persona afable) pensó que muchas de estas interacciones eran como «¡choca esos cinco!», golpes con los brazos que parecían facilitar el reconocimiento entre individuos o, al menos, un registro de los papeles básicos en el lugar. A veces dos pulpos se tocaban o se azotaban con los brazos y, después, volvían a una pose relajada. Otras, los empujones con los brazos eran seguidos por una lucha. La siguiente foto muestra a un pulpo acercándose desde la parte derecha de la imagen; mientras se aproxima, otros dos animales extienden sus brazos para tocar al foráneo o plantearle un «¡choca esos cinco!».



Todos estos comportamientos se producen acompañados por continuos cambios de color. Algunas de las variaciones cromáticas que tienen lugar en el sitio parecen poco organizadas y encajan en la hipótesis del «parloteo» que esbocé en el capítulo 5. A veces una de nuestras cámaras automáticas filmaba a un pulpo[5] que, hasta donde puedo decir, parecía estar posado tranquilamente, sin interactuar con ningún otro pulpo o con ningún otro organismo y que pasaba por una serie de colores y diseños sin razón aparente. Sin embargo, otros colores y patrones tienen más sentido. Cuando un macho agresivo está a punto de atacar a otro pulpo, a menudo se vuelve oscuro, se eleva sobre el fondo marino y extiende sus brazos de una manera que aumenta la apariencia de su tamaño. A veces levanta su manto, toda la parte posterior de su cuerpo, sobre su cabeza, como se muestra en la imagen siguiente[6].

A esto lo denominamos pose de Nosferatu, por el vampiro del cine mudo de este nombre, con su capa oscura y su aspecto amenazador. Habíamos visto antes casos parecidos, pero el macho que observábamos intentando con-



trolar el lugar en 2015 la usaba con frecuencia. La presentaba ante otro animal, el cual tenía que decidir qué hacer. A veces el otro pulpo huía; otras no cedía el terreno y se entablaba una lucha. El macho Nosferatu no siempre era mayor que el otro pulpo, pero en raras ocasiones perdió un combate (de hecho, solo una vez no ganó en el material filmado).

David Scheel estaba interesado en los colores que los pulpos adoptaban durante estas interacciones y repasó nuestras antiguas filmaciones, que registraban cientos de encuentros entre un agresor y un objetivo. Advirtió que la oscuridad del color de la piel constituye un indicador fiable de la agresividad de un pulpo[7]: si avanzará, si se mantendrá en su posición cuando otro pulpo se acerque. En cambio, se producen varios tipos de exhibición de palidez cuando un pulpo no tiene ganas de luchar. Una de ellas es un gris pálido insulso, la otra, un patrón austero lleno de manchas. Esta pauta manchada se observa también cuando cefalópodos de distintas especies se ven amenazados por depredadores; se denomina exhibición deimática y sue-

le interpretarse como un último intento de sorprender o de confundir al enemigo. Esto plantea la posibilidad de que la exhibición deimática sea algo que los pulpos produzcan de manera involuntaria, siempre que les amenaza un peligro, y que no sea una señal a los demás pulpos cuando la vemos en Octópolis. Sin embargo, en esta última se lleva a cabo a veces una exhibición deimática cuando un pulpo se dirige a un cubil bajo la mirada vigilante de un individuo más agresivo. Entonces no se trata de huir, ni de ningún otro intento por sorprender. De modo que pensamos que en Octópolis esta exhibición puede haberse adoptado como algo similar a una muestra de sumisión o de no agresión. Los colores oscuros y la pose de Nosferatu, en cambio, parecen ser exhibiciones que transmiten la gravedad de una actitud agresiva.

Encargué a una artista[8] que hiciera un dibujo que mostrara de manera más clara estas diferencias de patrón. En la imagen que sigue, dibujada a partir de un videograma, el pulpo de la izquierda se echa encima (con un patrón muy oscuro) del pulpo de la derecha. Este último, que es mucho más pálido y tiene solo la mitad de su cuerpo en la exhibición «deimática», comienza a huir.



ORÍGENES DE OCTÓPOLIS

Matt sospechaba que Octópolis era un lugar insólito cuando lo descubrió, pero no se dio cuenta de hasta qué punto. El informe más parecido era uno polémico correspondiente a las aguas tropicales de Panamá que se había elaborado casi treinta años antes.

En 1982, Martin Moynihan y Arcadio Rodaniche[9] anunciaron que habían encontrado un pulpo de aspecto inusual y no descrito hasta entonces, con bandas de vivos colores, que vivía en un grupo de varias docenas de animales que a veces compartían sus cubiles. Informaron de ello como parte del estudio sobre el calamar de arrecife caribeño que describí en el capítulo 5, aquel que afirmaba que los calamares poseen un «lenguaje» de colores y patrones en su piel. Moynihan y Rodaniche prepararon para su publicación una descripción más completa del pulpo, pero fue rechazada. Todo el asunto del pulpo listado y gregario de Panamá se topó durante años con el escepticismo de otros biólogos, ante la frustración de Moynihan y Rodaniche.

Esto continuó siendo una sugerente serie de anécdotas hasta 2012, cuando el animal reapareció en el comercio de acuarios. Algunos especímenes vivos llegaron hasta California, donde Richard Ross y Roy Caldwell los mantuvieron en el acuario Steinhart. En cautividad se confirmaron algunos de los comportamientos insólitos de los que habían informado Moynihan y Rodaniche y se añadieron otros. En el laboratorio estos animales se toleran unos a otros y comparten guaridas. Las hembras se aparean y ponen huevos a lo largo de un periodo prolongado; tal como se comentó en el capítulo 7, las hembras de pulpo suelen hacer una puesta de huevos y, después, mueren. El artículo de Caldwell, Ross y sus colegas[10] no contiene observaciones

de campo, pero dice que una compañía que reúne organismos marinos en Nicaragua conoce un único lugar en el que se juntan. En estos momentos se está preparando un estudio de campo.

Mientras tanto, tenemos Octópolis, un lugar muy infrecuente. El patrón más común que se observa en los pulpos es el siguiente: un individuo prepara un cubil, vive allí por un tiempo reducido, quizá unas pocas semanas, y después lo abandona para preparar otro. Los machos se encuentran con las hembras para aparearse (a veces a una cierta distancia, mediante el brazo extendido), pero no se quedan en las inmediaciones para ayudar a las hembras mientras estas incuban los huevos. En general, no se cree que haya mucha interacción entre los pulpos adultos. Incluso *Octopus tetricus*, la especie de Octópolis, parece ser muchísimo menos social cuando se observa en otros lugares.

Así pues, ¿qué ocurrió en este lugar? Algunas partes de lo que sigue son solo especulativas, pero este es el relato que hemos podido ensamblar. Hace algún tiempo, un único objeto cayó sobre el fondo marino arenoso, probablemente desde una barca. Aquel era de metal, pero ahora está recubierto por completo de organismos marinos; tiene solo unos 30 centímetros de largo y de alto, pero constituye una propiedad valiosísima. El pulpo más grande del lugar suele vivir bajo dicho objeto y a veces algunos peces insisten también en hacerlo y se apiñan junto al pulpo, que simula no verlos. Este objeto, pensamos, fue suficiente para «sembrar» el lugar, de la misma manera que un único objeto puede sembrar el crecimiento de un cristal.

Pensamos que un primer pulpo, o unos pocos, hicieron un cubil en el objeto encontrado y empezaron a aportar a este punto vieiras o conchas de peregrino para comerlas. Las conchas desechadas se acumularon allí y pronto em-

pezaron a cambiar las propiedades físicas del lugar. Las conchas son discos de unos pocos centímetros de diámetro, así como un material mucho mejor para construir guaridas que la arena fina, y pronto pudieron construirse otros cubiles en la periferia del primer cubil. Estos pulpos aportaron más vieiras para comer, con lo que dejaron todavía más conchas. Estaba en marcha un proceso de retroacción positiva: cuántos más pulpos vivían allí, más valvas de conchas de peregrino aportaban y más guaridas podían construirse. Esto hizo que se llevaran más conchas al lugar, y así sucesivamente.

Otra posibilidad sería que la caída del objeto metálico coincidiera con otra de una primera cantidad de conchas. Esto pudo haber ocurrido antes de 1984, cuando se prohibió la pesca de vieiras mediante arrastre en la bahía, o alrededor de 1990, cuando también se vedó la recolección de conchas de peregrino por parte de buceadores. Aquella carga de valvas habría conferido al lugar un arranque más rápido. Sin embargo, desde entonces, parece probable que la mayor parte de las conchas fueran aportadas a lo largo de los años por los pulpos. Estos, mediante la caza y el transporte de comida al hogar, han transformado el lugar en el que viven.

¿Por qué esta «siembra» tuvo efectos tan grandes en un lugar determinado? El área general en la que cayó el objeto metálico ofrece comida ilimitada para un pulpo, pues es un fondo de vieiras. Estas viven solas o en grupos pequeños y constituyen un buen alimento para un pulpo. A pesar de la enorme abundancia de comida, el área tiene muy pocos lugares adecuados para un cubil de pulpo. El fondo marino es de arena fina, en la que resulta difícil excavar un agujero estable, y los depredadores del área son numerosos y mortíferos. Hemos visto delfines y focas acercarse rápidamente para husmear en las guaridas de

los pulpos. En el área viven varias especies de tiburones. Enormes tiburones alfombra, aplanados animales de fondo que parecen antiguos bombarderos, a veces se instalan en Octópolis durante prolongados periodos de tiempo mientras los pulpos se acurrucan en sus cubiles. Hace algunos años, Matt filmó un vídeo inquietante algo alejado del lugar, cuando un pulpo fue atacado en campo abierto por un cardumen de peces pequeños y agresivos: monacántidos. Estos peces tienen el aspecto de pirañas y forman cardúmenes de cientos de individuos. Me han mordisqueado un par de veces. No sabemos por qué se fijaron en este pulpo, pero, después de algunos cautos amagos, los peces atacaron en bloque y lo despedazaron. El pulpo intentó primero defenderse y, luego, huir frenéticamente hacia la superficie, pero en un par de minutos ya estaba muerto. Después de esto empecé a preguntarme cómo los pulpos podían sobrevivir en esta área. Estos peces merodean por la zona la mayor parte del tiempo y los pulpos abandonan con frecuencia su guarida para conseguir comida. Lo que me parece que ocurre es que un pulpo puede desplazarse una determinada distancia desde su cubil con seguridad, incluso aunque haya peces observando, porque, si los peces atacan, el pulpo puede regresar a su refugio antes de que le ataquen. Si el pupo se aventura más allá de dicha distancia, la suerte está echada. Muy posiblemente, los pulpos pequeños tienen más que temer que los mayores, pero no hay mucho que un pulpo pueda hacer contra un centenar de pirañas que arremeten veloces.

Los monacántidos rondan por la zona, las focas se abalanzan sobre el fondo y los tiburones patrullan por ella y se posan sobre el fondo. Quizá los intrusos más espectaculares no constituyan un peligro claro para los pulpos: ocasionalmente la luz se oscurece y una enorme pastinaca

negra planea a media altura. Estos animales pueden ser casi tan grandes como un automóvil y patrullan con las ondulaciones grandes y lentas de sus alas. Los pulpos se agachan. Nuestras cámaras, como indiqué antes, por lo general son derribadas.

Octópolis, con sus profundos cubiles revestidos de conchas, parece una isla de seguridad dentro de un área peligrosa, y esto explica quizá la presencia constante de pulpos. Sin embargo, esto plantea una nueva pregunta: ¿por qué los pulpos no se comen entre ellos? En aquel lugar he visto pulpos minúsculos como una caja de cerillas y otros con una envergadura de brazo de un metro, así como todas las dimensiones intermedias. Los pulpos más grandes pueden no hacer presa en los de su mismo tamaño, debido al riesgo de las peleas, pero ¿qué protege a los más pequeños? Muchos pulpos son caníbales, entre ellos algunos parientes próximos de nuestras especies de Octópolis. ¿Por qué no en este caso? También esto pudiera deberse a la profusión de alimento local, que no contribuye a las riñas: la abundancia de vieiras.

Las conchas de peregrino, por cierto, poseen ojos, con un diseño insólito, que incluye un espejo detrás de la retina. Pueden nadar batiendo sus valvas. La primera vez que vi una moviéndose me sobresalté: ¡castañuelas que nadaban! Sin embargo, estos ojos y la capacidad natatoria no son suficientes para establecer una diferencia cuando los pulpos van tras ellas. En esta situación se hallan indefensas.

Recapitulemos toda la historia tal como la vemos: la intrusión de un objeto extraño supuso un raro cubil seguro. Los primeros pulpos aportaron vieiras para comer y dejaron las conchas allí. Pronto las conchas se acumularon tanto que *ellas* constituyeron la superficie del lugar. Al final, los restos de conchas hicieron posible excavar

cubiles estables en los que podían vivir otros pulpos. El fondo de conchas se extiende en la actualidad a tal distancia que no es necesario que una guarida recién excavada se halle muy cerca de la principal. Todavía no comprendemos del todo qué es lo que el lecho de conchas hace posible. Algunos de los cubiles son muy profundos, al menos unos 40 centímetros, y tenemos la certeza de que algunos pulpos pasan tiempo completamente cubiertos por conchas, invisibles. Los pulpos pueden acercarse unos a otros e interactuar entre ellos bajo la superficie, quizá también aparearse. Observamos movimientos de las conchas que vienen de debajo, sin que haya pulpos visibles. A medida que en Octópolis se instalan más pulpos, su ambiente consiste cada vez más en las conchas.

Nuestro segundo artículo sobre aquel lugar[11] discutió esto como un caso de «ingeniería ecosistémica»: la remodelación de un ambiente por el comportamiento de los animales que viven en él. Cuando elaboramos este artículo, nos dimos cuenta de que no son solo los pulpos los afectados por todo esto. Otras muchas especies parecen haber sido atraídas a este sitio. Cardúmenes de peces se desplazan ahora sobre este y se apresuran de un lado para otro. A veces esto ha interferido con nuestros datos videográficos. Hay calamares en Octópolis que emiten señales entre sí. Los enormes tiburones alfombra que reposan allí probablemente no se encuentran sobre todo allí para comerse a los pulpos; pudimos filmar a uno en vídeo mientras arremetía de forma espectacular contra un banco de peces situados encima. Los tiburones jóvenes de otra especie permanecen sobre el fondo de conchas durante parte del año. Pequeñas pastinacas decoradas, llamadas rayas banjo, descansan también en el lugar, y hay cangrejos ermitaños que se mueven sobre su cuerpo.

Todos estos animales están presentes en concentraciones mucho mayores que las que se contemplan en áreas alejadas del lugar. Los pulpos han construido un «arrecife artificial» mediante su comportamiento de recolección de conchas y esto parece haber conducido al desarrollo de una vida social insólita, una vida de elevada densidad y de continua interacción.

Una manera de interpretar nuestras observaciones en Octópolis es pensar que muestran que los pulpos, de esta especie y quizá de otras, son, por lo general, más sociables de lo que se cree. Sus comportamientos de emisión de señales (los cambios de color, las exhibiciones) así lo sugieren. Un número creciente de otros estudios apuntan en la misma dirección: insinúan que los pulpos se relacionan más entre sí de lo que se había pensado. En 2011, un estudio de una especie estrechamente emparentada con nuestros octopolitanos[12] señaló que los pulpos podían reconocer a otros pulpos individuales. Un estudio más polémico de 1992[13] mencionaba que los pulpos pueden aprender mediante la observación de cómo se comportan otros pulpos. Otra interpretación, aplicable al menos a algo de lo que hemos visto, es que este lugar en concreto resulta fuera de lo común. En conjunción con la inteligencia general de los pulpos, un contexto poco habitual ha conducido a comportamientos inusuales. Los pulpos han tenido que deducir cómo gestionar su vida en este entorno y algunos de los comportamientos fruto de ello son oportunistas y nuevos. Han tenido que resolver cómo salir adelante.

Sospecho que estamos observando una mezcla de comportamientos nuevos y antiguos: algunos establecidos desde hace tiempo y otros que son modificaciones improvisadas que surgieron por la adaptación individual a circunstancias infrecuentes.

Octópolis es un lugar en el que se hallan presentes varios elementos que, en general, faltan en la vida de los pulpos y que son relevantes para la evolución del cerebro y de la mente. Existe mucha interacción y navegación social, así como mucha retroalimentación entre lo que se hace y lo que se percibe. Los pulpos se enfrentan a un ambiente extraordinariamente complicado, porque una parte importante de él son otros pulpos. También hay una manipulación y remodelación constante del lecho de conchas. Arrojan residuos, y las conchas y otros materiales lanzados suelen golpear a otros pulpos. Esto podría ser un simple hábito de limpieza de los cubiles, pero constituye un comportamiento que tiene consecuencias nuevas en el escenario atestado, pues dichos proyectiles parecen influir en la conducta de los pulpos a los que golpean. En este momento estamos intentando establecer si algunos de los lanzamientos son dirigidos.

Todo esto, hasta donde sabemos, tiene lugar en el contexto de la vida normal y corta de los pulpos. La vida de los pulpos es breve y no se produce un cuidado de los jóvenes una vez que salen del huevo. Supongamos que dichos pulpos llegan hasta los dos años. Así, pues, desde 2009, varias generaciones han vivido en este lugar. Muchos pulpos tienen que haber aparecido y desaparecido desde que empezamos a visitar la localidad, y los animales rehacen de forma continuada la misma semisocialidad complicada. Podemos imaginar que, en una situación como esta, se han podido dar algunos pasos evolutivos adicionales. Supongamos que las interacciones se hicieron más complejas, la emisión de señales, más sofisticada, las densidades, cada vez mayores. La vida de cada animal habría dependido cada vez más de la vida de los otros y esto se empezaría a manifestar en la continua evolución de su cerebro. Vimos en el capítulo 7 que la duración de la vida

está adaptada al estilo de esta, en especial a la amenaza de la depredación. Si los pulpos de esta especie pudieron vivir más años de manera fiable sin ser comidos, no hay razón por la que al final no pudieran alargar también, por evolución, su vida.

No estoy diciendo que todo esto pueda ocurrir en Octópolis; no puede. Este es un lugar pequeño, una minúscula fracción del área de distribución que ocupa la especie. Cuando los huevos de pulpo hacen eclosión, las larvas de pulpo se dejan arrastrar por la corriente en lugar de permanecer allí donde nacieron. Cada una de ellas, si sobrevive, se instala, joven, en algún lugar y empieza a deambular. De modo que no existe ningún motivo para creer que los pulpos que se hallan hoy en este sitio son los hijos o nietos de otros que antes vivieron allí. Un lugar y unos pocos años no significan nada en términos evolutivos. Situaciones como estas tendrían que haber persistido a gran escala y durante miles de años para que tuvieran algún efecto. Sin embargo, Octópolis proporciona un atisbo de una posible ruta en la evolución actual de los pulpos.

LÍNEAS PARALELAS

Al acercarnos al final del libro, consideremos de nuevo la evolución de los cuerpos y las mentes. Los hitos más antiguos y más integrados se describieron en el capítulo 2: las capacidades antiguas para percibir y comportarse, la evolución de los animales a partir de organismos unicelulares, los primeros sistemas nerviosos. Siguió después la evolución del plan corporal bilateral, el plan que compartimos con abejas y cefalópodos. Poco después de la aparición de los bilaterales, hubo una bifurcación en el

árbol; un lado dio origen a los vertebrados y el otro, a una amplia gama de grupos de invertebrados: insectos, gusanos, moluscos.

El toma y daca de percibir y actuar es característico de todos los organismos conocidos, incluidos los unicelulares. En la transición hacia los primeros animales con sistema nervioso, la maquinaria exterior de la percepción y transmisión de señales se volvió hacia dentro, lo que permitió la coordinación en el seno de estas unidades vivas nuevas y mayores. Sea lo que fuere lo que los sistemas nerviosos pudieran haber hecho en un principio, en el paso del Ediacarense al Cámbrico se asistió a un nuevo régimen para el comportamiento animal y para los cuerpos que lo permiten. Los organismos quedaron enmarañados de maneras novedosas en la vida de los demás, en especial como depredadores y presas. El árbol continuó ramificándose, unos pocos cerebros se expandieron y surgieron dos experimentos en sistemas nerviosos muy grandes, uno en el lado de los vertebrados y otro en el de los cefalópodos.

Establecido este bosquejo, consideraré algunos rasgos del árbol de la vida que adquieren una nueva relevancia cuando volvemos a ellos ahora. Se trata de partes del árbol que se hacen visibles cuando enfocamos algunas ramas que en los primeros capítulos solo contemplamos desde una cierta distancia. Considerando primero el lado de los vertebrados, nos encontramos nosotros y otros mamíferos. Sin embargo, los mamíferos no son los únicos vertebrados que han desarrollado un grado elevado de inteligencia. Peces y reptiles pueden hacer cosas sorprendentes, pero el principal ejemplo que tengo en mente se relaciona con aves como los loros y los cuervos. Todos los cerebros de los vertebrados constituyen «variaciones sobre un mismo tema», con mucho en común, pero las ramificaciones son

todavía muy profundas. El antepasado común de aves y humanos[14], un animal con aspecto de lagarto, vivió hace quizá 320 millones de años, en algún momento antes de la era de los dinosaurios. Desde allí, surgieron cerebros grandes a lo largo de varias rutas independientes dentro de los vertebrados. Dije en el capítulo 3 que la historia de los cerebros grandes tiene la forma aproximada de una Y, con una rama de los vertebrados y una rama de los cefalópodos, pero esto suponía una simplificación. Una mirada más detenida al lado de los vertebrados muestra importantes ramificaciones internas.

Abordé la evolución temprana de los cefalópodos en el capítulo 3 y escribí capítulos sobre los pulpos y las jibias. Ambos grupos son cefalópodos, pero, en muchos aspectos, resultan diferentes. ¿Cómo fue la historia en su lado? Es evidente que hubo una bifurcación importante en la evolución de los cefalópodos: ¿cuán profunda es?

Durante un tiempo se creyó, sobre la base del registro fósil, que la primera aparición de los cefalópodos, que incluye a los pulpos, a las jibias y a los calamares (un grupo denominado *Coleoideos*), tuvo lugar durante la época de los dinosaurios, hace quizá 170 millones de años. Divergieron en sus formas variadas y familiares durante la última parte del reinado de los dinosaurios y después.

En un famoso artículo de 1972[15], Andrew Packard afirmaba que la evolución de estos cefalópodos tuvo lugar en paralelo con la evolución de determinados tipos de peces. Empezando hace unos 170 millones de años, algunos peces comenzaron a evolucionar en una forma «moderna» familiar. Los primeros cefalópodos eran los antiguos depredadores del mar. La evolución de los peces produjo nuevas formas que compitieron con ellos y los cefalópodos, como respuesta, evolucionaron. Esto incluía la evolución de su comportamiento complejo.

Puede considerarse que la idea de que los cefalópodos modernos surgieron en una explosión reciente respalda la hipótesis de que el gran sistema nervioso de los cefalópodos apareció en una especie de accidente evolutivo único, seguido de una cierta diversificación posterior. Muy a menudo se ha tomado en serio la hipótesis de la «inteligencia accidental» en estos animales. Es cierto que se ha caído en la tentación de pensar que los pulpos, en particular, tienen «demasiado» cerebro para ser unos animales que viven una vida tan breve y asocial. Fuera accidental o no, la imagen histórica que Packard y otros dibujaron promovió la idea de que hubo un único proceso: la evolución de un gran cerebro por parte de *los cefalópodos*, con variaciones menores que surgieron más adelante.

Después esta imagen histórica cambió. Packard basaba su hipótesis en la certeza fósil, que siempre es parcial en los animales de cuerpo blando. Con posterioridad se introdujeron las pruebas procedentes de la genética y la imagen resultante fue diferente. La nueva hipótesis dice[16] que el antepasado común más reciente de pulpos, jibias y calamares vivió no hace 170, sino 270 millones de años. Este es el punto en el que una división evolutiva condujo a un grupo de «octópodos», en un lado, que incluye a los pulpos y a los *vampiromorfos,* del mar profundo, y a un grupo de «decápodos» (de diez pies), en el otro, que comprende a calamares y a jibias.

Hacer retroceder esta división en 100 millones de años sitúa la divergencia de los cefalópodos en un escenario evolutivo muy diferente. La época de la división es ahora el periodo Pérmico, antes de los dinosaurios. En aquel entonces la vida en los océanos era muy diferente. Todavía pudo haber habido competencia entre cefalópodos y peces[17], pero la fecha más temprana hace mucho más probable que los cefalópodos consiguieran por evolución siste-

mas nerviosos complejos al menos dos veces, una vez en el linaje que conduce a los pulpos y otra en el linaje que lleva a jibias y a calamares.

El lector podría replicar: quizá el antepasado común de todos estos cefalópodos *ya* hubiera conseguido mucha complejidad de comportamiento y fuera el animal más inteligente que viviera en los mares del Pérmico. La fecha de la divergencia permite, en efecto, dicha respuesta. Sin embargo, otra nueva prueba va en contra de la misma. En 2015 se secuenció el primer genoma de pulpo[18]. A partir de los genes podemos obtener alguna información nueva acerca de cómo *se construye* el sistema nervioso a lo largo de la vida de cada individuo. Elaborar un sistema nervioso requiere pegar las células juntas de manera precisa. En nosotros, para hacerlo, se usa una familia de moléculas llamadas *protocadherinas*. Resulta que se emplea el mismo tipo de moléculas cuando se fabrica el sistema nervioso de los pulpos.

Esto parece interesante: en ambos casos se usan herramientas similares; pero, junto con este, llegó otro hallazgo. Estas moléculas que se emplean en la construcción del sistema nervioso se han diversificado en los calamares al igual que en los pulpos y parece que lo hicieron *separadamente,* después de la división entre estos dos grupos. La evolución de los pulpos incluye una expansión de este tipo de moléculas y la de los calamares tiene su propia expansión separada. De modo que estas moléculas de la elaboración cerebral se han diversificado al menos *tres* veces, no solo una en los cefalópodos y una en los animales como nosotros.

La importancia de esto depende de la medida en la que jibias o calamares sean animales verdaderamente inteligentes. (Para dicho propósito, podemos tratar a jibias y a calamares como a un único grupo). Sabemos menos de la cognición de las jibias que de la de los pulpos y todavía tenemos pocas pruebas sobre los calamares. Sin embargo,

las que están apareciendo apuntan a que las jibias también poseen una gran capacidad mental.

Un ejemplo es un estudio reciente sobre la memoria que han realizado Christelle Jozet-Alves[19] y su grupo en Normandía, Francia, en una especie de jibia más pequeña que los gigantes de mis primeros capítulos. La memoria en los animales tiene diversas variedades. Un tipo importante de memoria en la experiencia humana es la memoria *episódica:* memoria de acontecimientos concretos, en oposición a la memoria de hechos o habilidades. (Recordar nuestro último cumpleaños sería una memoria *procedimental* y nuestro recuerdo de la situación de Francia en el mapamundi sería una memoria *semántica*). Jozet-Alves y su grupo basaron su experimento con jibias en una famosa serie de experimentos que parecen mostrar algo parecido a memoria episódica en aves (el equipo de este estudio incluía una importante investigadora de aves: Nicola Clayton). Tanto en los estudios de aves como de jibias las autoras hablan de memoria «*parecida* a episódica», porque la memoria episódica en humanos tiene un elemento muy vivo de experiencia subjetiva y no saben si esto es así en otros animales.

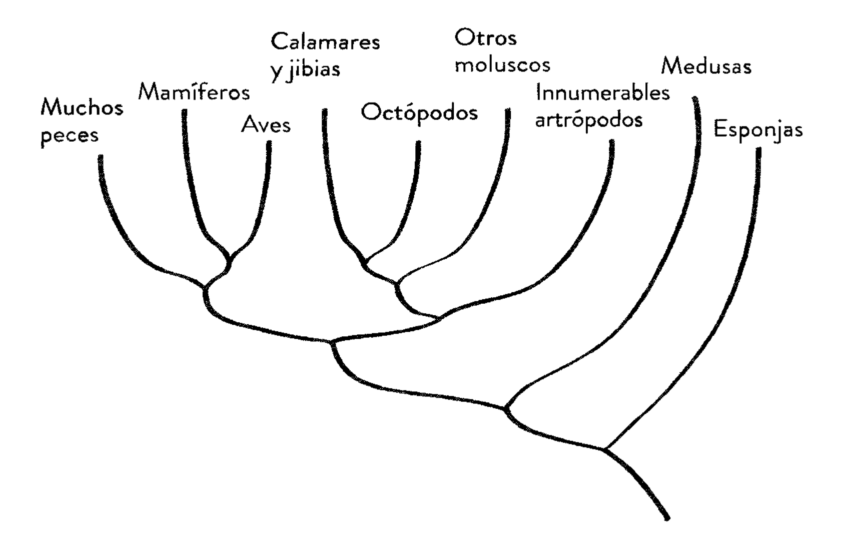
Se consideró que la memoria de tipo episódico en estas pruebas era el recuerdo de *dónde* y *cuándo* se disponía de un determinado tipo de comida; es memoria de «qué-dónde-cuándo». Las pruebas con las jibias se desarrollaban de esta manera. Primero, los investigadores resolvían cuál de los alimentos (cangrejo, camarón) era el predilecto de cada jibia y, después, se colocaba a la jibia en una situación en la que cada alimento se asociaba con una diferente pista visual en el aljibe. Su alimento preferido (los camarones) se reponía más lentamente que el otro; si las jibias comían camarones, dejaban que transcurrieran tres horas antes de volver a poner camarones en aquel sitio, mientras que los

cangrejos se reponían al cabo de una hora. Las jibias aprendían que, si se las soltaba en el aljibe una hora después de su última comida de camarones, no tenía ningún sentido regresar de nuevo al lugar de los camarones, porque allí no habría nada. Pasada una hora, se dirigían a donde había cangrejos. Si la demora era de tres horas, iban en busca de los camarones.

La existencia de memoria de tipo episódico en todos estos grupos (mamíferos como nosotros, aves, jibias) constituye un ejemplo sorprendente de lo que, casi con toda seguridad, es evolución paralela en todos estos diferentes linajes. Desconozco si alguien ha intentado un experimento similar con pulpos y no sé cómo se las arreglarían. El estudio de Jozet-Alves muestra una cognición relativamente compleja en la rama de los decápodos, en cerebros que evolucionaron de manera algo separada de los de los pulpos. En otras palabras, esto es una prueba de la evolución paralela de la inteligencia *en el seno* de los cefalópodos. Se afianza así la idea de que no fue un accidente que sistemas nerviosos complejos aparecieran por evolución en los cefalópodos. No es algo que sucediera una vez y se mantuviera, con variaciones, en un par de linajes diferentes. Por el contrario, hubo una expansión del sistema nervioso en el linaje de los pulpos y otra, en paralelo, en los demás cefalópodos.

La relación entre pulpos y jibias parece muy similar a la que existe entre mamíferos y aves. En el linaje de los vertebrados, una división hace unos 320 millones de años condujo a mamíferos y aves, grupos que desarrollaron un cerebro grande con cuerpos algo diferentes. En los cefalópodos, los pulpos y las jibias están construidos según el plan de los moluscos, pero la separación entre ellos posee algo de la misma enjundia histórica y también aquí hubo evolución paralela de cerebros grandes.

El árbol podría representarse así:



Fragmento del árbol de la vida. Este esquema se centra en algunas de las ramificaciones evolutivas que aparecen en el libro. La longitud de los tallos entre las puntas de las ramas no está dibujada a escala y también he representado en la misma figura grupos de tamaño muy diferente. Mamíferos y aves son grupos grandes en relación con el número de especies que contienen, mientras que los dos grupos de cefalópodos a cada lado de su bifurcación son mucho más pequeños. (Mamíferos y aves son cada uno de ellos una clase en la estructura tradicional de la clasificación biológica, mientras que todos los cefalópodos constituyen una sola clase). Los artrópodos, hacia la derecha, son un tipo entero, que consiste en un enorme número de insectos, cangrejos, arañas, ciempiés y otros. En el esquema se han omitido muchos grupos; por ejemplo, si se incluyeran las lombrices de tierra, tendrían que situarse entre los «otros moluscos» y los artrópodos y surgirían del tallo corto que conduce a los moluscos. Las estrellas de mar se encontrarían cerca de los vertebrados, a la izquierda. Los «peces» no constituyen una rama única. La mayoría de peces se encuentran en la rama del extremo izquierdo, pero algunos, como el celacanto, se hallan en la rama que conduce también a nosotros y a las aves.

Los cefalópodos han sido grandes depredadores desde tiempos antiguos. Hace unos 270 millones de años, aproximadamente, un grupo de cefalópodos se dividió, es probable que después de haberse dedicado a renunciar a una concha externa. Al menos en dos linajes, la evolución produjo por separado sistemas nerviosos grandes. Los cefalópodos y los vertebrados inteligentes son experimentos independientes en la evolución de la mente. Al igual que los mamíferos y las aves, los pulpos y las jibias de este libro representan subexperimentos dentro de este experimento mayor.

LOS OCÉANOS

La mente evolucionó en el mar. El agua hizo que fuera posible. Todas las fases iniciales tuvieron lugar en el agua: el origen de la vida, el nacimiento de los animales, la evolución de los sistemas nerviosos y del cerebro y la aparición de cuerpos complejos que hacen que valga la pena tener cerebro. Probablemente, las primeras incursiones tuvieron lugar no mucho después de la historia que desarrollé en mis primeros capítulos (ciertamente hace 420 millones de años, quizás antes), pero la historia temprana de los animales es una historia de la vida en el mar. Cuando los animales salieron al final a tierra firme, se llevaron el mar con ellos. Todas las actividades básicas de la vida tienen lugar en células llenas de agua y encerradas por membranas, minúsculos contenedores cuyo interior son restos del mar. Dije en el capítulo 1 que encontrarse con un pulpo es, en muchos aspectos, lo más cerca que estaremos quizá de encontrarnos con un alienígena inteligente. Sin embargo, no es en verdad un alienígena: la Tierra y sus océanos nos hicieron a ambos.

Las características que lograron que el mar fuera generador de vida y de mente nos son invisibles la mayor parte del tiempo. Existen a una escala minúscula. El mar no cambia de forma visible mientras realizamos algo en él, no de la manera en que talar un bosque resulta algo factible de un modo inmediato e innegable. Parece que los desechos que vertemos en el mar simplemente se van y se diluyen. Como resultado, el mar rara vez se presenta como un problema ambiental urgente y las medidas que podríamos tomar para resolverlo suelen conseguir muy pocas cosas que se vean con facilidad.

A veces los efectos de nuestras acciones son visibles si echamos una mirada, aunque sea casual, bajo la superficie del mar. Empecé a pensar en este libro hacia 2008. Había comprado un pequeño apartamento cerca de la costa en Sídney, al que iba durante los veranos septentrionales. Como todas las playas que se extienden a uno y otro lado de la costa de Sídney, esta zona había sido saqueada mediante la pesca durante demasiado tiempo por demasiadas personas y, al iniciarse el nuevo milenio, sus aguas se encontraban casi vacías. Sin embargo, en 2002 se estableció una reserva marina en una pequeña bahía[20] con la protección completa de su vida salvaje. Al cabo de pocos años bullía de peces y de otros animales y allí fue donde encontré los cefalópodos que me motivaron a escribir el libro.

La eficacia de las reservas es estimulante, pero el mar se enfrenta a amenazas enormes. La sobrepesca de los océanos es la más evidente y cada vez más criaturas que nadan son capturadas de manera indiscriminada e introducidas en las cámaras frigoríficas de los barcos. Nuestra capacidad para gestionar todo esto se ve entorpecida no solo por la codicia y por la competencia de intereses, sino también por la dificultad para enfrentarse al problema y para comprender nuestras propias capacidades de destruc-

ción. El mar posee el mismo aspecto una vez que los barcos se han ido.

A finales del siglo XIX, después de la publicación de *El origen de las especies,* Thomas Huxley era el defensor científico más importante de Charles Darwin y un científico destacado por derecho propio. Desde mediados del siglo XIX, los pescadores del mar del Norte habían empezado a preguntarse[21] si acaso podrían extinguir sus recursos pesqueros e invitaron a Huxley a que comentara este aspecto. Huxley dijo que no había motivo de preocupación. Hizo algunos cálculos sobre la productividad del mar y la fracción de pescado que se extraía de este y llegó a la siguiente conclusión, según una conferencia que impartió en 1883: «Creo que puede afirmarse con seguridad que, en relación con nuestros modos actuales de pesca, varios de los caladeros más importantes, como los de bacalao, los de arenque y los de caballa, son inagotables».

Huxley se equivocó de manera espectacular en su optimismo. Al cabo de pocas décadas, muchos de aquellos caladeros[22], especialmente los de bacalao, tenían graves problemas. Como resultado de su confiada seguridad, Huxley se ha convertido en una especie de malo de la película. Esto no carece de fundamento, aunque los que así lo califican tienden a pasar por alto (y a veces a omitir) una parte de la cita tristemente célebre que incluí arriba: «en relación con nuestros modos actuales de pesca».

Huxley pudo haberse equivocado incluso teniendo en cuenta esta reserva, pero algo que ciertamente puso a la gente en el camino equivocado fue su incapacidad para reconocer lo mucho que se transformaría la tecnología pesquera. Esto condujo, a su vez, a enormes cambios en el número de peces que cada barca de pesca podía capturar. Con la mecanización creciente de los aparejos, después con las cámaras frigoríficas y con los medios de alta tecnología

para identificar los cardúmenes, «nuestros modos actuales de pesca» desaparecieron no mucho después de las optimistas palabras de Huxley, así como los peces.

La sobrepesca empezó en el siglo XIX y continúa, con retornos cada vez más reducidos, hasta el día de hoy. El otro cambio al que se enfrenta el mar es el químico. Este es todavía más difícil de ver y más global en sus orígenes y, como resultado, todavía más arduo de resolver.

Un ejemplo sería la acidificación[23]. A medida que aumenta la concentración de CO_2 en la atmósfera debido a la quema de combustibles fósiles, parte del CO_2 adicional se disuelve en el mar. Allí cambia el equilibrio del pH del agua y lo aleja de su estado usual de ligera alcalinidad. El metabolismo de muchísimos animales marinos, entre ellos los cefalópodos, se ve afectado por ello y se producen efectos especialmente graves en los corales y en otros organismos que construyen partes duras a partir de calcio. Estas últimas se reblandecen y se disuelven en el mar alterado.

En las fases finales de preparación de este libro almorcé con un biólogo que estudia las abejas, Andrew Barron. Me reuní con él y con Colin Klein, otro filósofo, para discutir de qué manera podríamos resolver los orígenes de la experiencia subjetiva. Cuando supe que Andrew trabajaba con abejas, también le quise preguntar acerca del «despoblamiento de las colmenas», el problema que ha estado afectando a las abejas en todo el mundo.

Dicho problema se hizo patente alrededor de 2007. En muchos países, de repente las colonias de abejas empezaron a malograrse y, en consecuencia, no polinizaron todos los tipos de plantas de cultivo que necesitan esta actividad: manzanos, fresas y muchas otras. Dada la importancia económica de las abejas como polinizadores, la causa del despoblamiento se ha estudiado con intensidad. Debe ser mundial, no local. Sin embargo, el despoblamiento llegó

muy rápidamente. ¿Se trata de un parásito? ¿De un hongo? ¿De toxinas químicas? Cuando le pregunté a Barron, me dijo[24]: «Sí, están empezando a tener alguna idea de lo que está pasando». Así pues, ¿cuál es el factor que lo causa? Me explicó que, hasta donde puede decir, no existe un factor único. En lugar de ello, a lo largo de muchos años han aparecido cada vez más motivos de estrés, pequeñas tensiones, en la vida de las abejas: más contaminantes, un número mayor de nuevos microorganismos, menos hábitat. Durante mucho tiempo, a medida que estos distintos tipos de estrés se acumulaban, las abejas pudieron habérselas con ellos. Las colonias absorbieron el estrés mediante un trabajo más duro. Aunque no resultaba evidente, ni visible que padecieran, la capacidad de las abejas para amortiguar estos problemas se iba debilitando. Al final se alcanzó un punto crítico y, simplemente, las colonias de abejas empezaron a desmoronarse. Fracasaron de manera espectacular (de forma visible) no porque una plaga repentina se hubiera abatido sobre ellas, sino porque su capacidad para absorber tantos tipos de estrés se había agotado. Ahora, los fruticultores transportan de un modo desesperado colonias de abejas a miles de kilómetros, de unos campos de frutales a otros, intentando que sus árboles sean polinizados por las abejas que todavía se encuentran lo bastante sanas para realizar esta labor.

Hice mío este relato y ahora contemplo el océano de la misma manera. Esta esfera de creatividad biológica es tan vasta que durante siglos, y con muy poco impacto, pudimos hacerle lo que quisimos. Sin embargo, ahora nuestra capacidad para estresar sus sistemas resulta mucho mayor. El océano absorbe estos distintos tipos de estrés, no de manera invisible, pero a menudo de formas que son difíciles de ver y fáciles de ignorar cuando hay dinero de por medio. En algunos lugares el asunto ya ha llegado demasiado le-

jos. En muchas partes de los mares del mundo existen «zonas muertas»[25] en las que no hay animales que puedan sobrevivir, ni nada *más,* en especial *debido* a la falta de oxígeno. Es probable que las zonas muertas surgieran de manera natural de vez en cuando antes de que los seres humanos dañaran el océano, pero ahora se encuentran a una escala mucho mayor. Algunas de ellas aparecen y desaparecen con las estaciones, siguiendo un ritmo perverso que establece la escorrentía procedente de las explotaciones agrícolas en las tierras cercanas, mientras que otras dan la impresión de ser más permanentes. «Zona muerta»: lo más opuesto a un océano.

Existen muchas razones para que apreciemos los océanos y para que los cuidemos y espero que este libro haya añadido una más. Cuando buceamos en el mar, lo hacemos en el origen de todos nosotros.

NOTAS

1. ENCUENTROS EN EL ÁRBOL DE LA VIDA

1 Darwin no fue el primero en meditar acerca de las relaciones entre especies en la forma de un árbol, tal como él mismo reconoce. Su innovación consistió en dar al árbol una interpretación histórica, genealógica. En cierto sentido, Darwin adoptó la idea de manera más *literal* que los demás habían hecho antes que él, lo que expresó hábilmente en un pasaje famoso: «Las afinidades de todos los seres de la misma clase se han representado a veces mediante un gran árbol. Creo que este símil cuenta en gran parte la verdad». Charles Darwin, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, Londres, John Murray, 1859, p. 129 [*El origen de las especies por medio de la selección natural*, Madrid, Alianza Editorial, 2009]. Para la historia de la idea del árbol en biología, véase Robert O'Hara, «Representations of the Natural System in the Nineteenth Century», en *Biology and Philosophy*, 6 (1991), pp. 255-274. Hay excepciones a la forma del árbol, en especial fuera de los animales: véase mi *Philosophy of Biology*, Princeton (Nueva Jersey), Princeton University Press, 2014. El libro de Richard Dawkins *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Evolution*, Nueva York, Houghton Mifflin, 2004 [*El cuento del antepasado. Un viaje a los albores de la evolución*, Barcelona, Antoni Bosch, 2008] es una descripción brillante y accesi-

ble de la historia de la vida animal, en la que destaca la estructura del árbol.

2 Algunos biólogos consideran que este término es problemático, pues no corresponde a una rama concreta del árbol, sino a organismos que se encuentran en varias ramas. En este libro empleo diversos términos que algunos biólogos rechazan porque no identifican ramas concretas del árbol; dichos términos incluyen procariotas y peces. Creo que a menudo estos términos siguen siendo útiles.

3 La primera cita es de William James, *Principles of Psychology*, t. I, Nueva York, Henry Holt, 1890, p. 148 [*Principios de psicología*, México, Fondo de Cultura Económica, 1989]. W. James, especialmente al final de su carrera, estuvo tentado por unas formas relativamente radicales de conseguir dicha «continuidad» entre los mundos de la mente y los de la materia, formas más radicales que las que se siguen en este libro. Véase «A World of Pure Experience», en *The Journal of Philosophy, Psychology and Scientific Methods*, 1, núms. 20-21 (1904), pp. 533-543, 561-570.

4 La frase «todo está oscuro dentro» se ha tomado de David Chalmers, en *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 1996, p. 96 [*La mente consciente. En busca de una teoría fundamental*, Barcelona, Gedisa, 1999]. Desde luego, todo está oscuro dentro de un cerebro (si no hay cirugía de por medio). No todo tiene que parecerle oscuro al animal que posee dicho cerebro, pero este encuentra la luz mirando hacia afuera. En muchos sentidos, la metáfora resulta bastante engañosa, pero parece reflejar algo.

5 La cita es de Roland Dixon, *Oceanic Mythology*, en Louis Herbert Gray (ed.), *The Mythology of All Races*, Boston, Marshall Jones, 1916, vol. 9, p. 15. Estoy agradecido a China Miéville, autor de la novela cefalopódica *Kraken*, Nueva York, Del Rey-Random House, 2010 [*Kraken*, Madrid, La Factoría de Ideas, 2013], por darme a conocer a Dixon y por este fragmento.

2. UNA HISTORIA DE LOS ANIMALES

1 Más exactamente, la Tierra empezó a formarse hace 4.567 millones de años. Para un tratamiento del origen y de la historia inicial de la vida, véase John Maynard Smith y Eörs Szathmáry, *The Origins of Life: From the Birth of Life to the Origin of Language*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 1999 [*Ocho hitos de la evolución. Del origen de la vida al nacimiento del lenguaje*, Barcelona, Tusquets, 2001]. Para una presentación más técnica de algunas ideas recientes, véase Eugene Koonin y William Martin, «On the Origin of Genomes and Cells Within Inorganic Compartments», en *Trends in Genetics*, 21, núm. 12 (2005), pp. 647-654. Las teorías actuales sobre el inicio de la vida parecen centrarse en un origen en el seno del propio mar, quizá en el mar profundo, aunque otros trabajos consideran asimismo ambientes someros, parecidos a estanques. La fecha en la que se cree que es muy evidente que la vida existía se remonta a 3.490 millones de años, de modo que la vida surgió por evolución antes de dicha fecha. La vida no tuvo por qué haberse iniciado con células, pero también se cree que las células son muy antiguas.

2 Véase Bettina Schirrmeister *et al.*, «The Origin of Multicellularity in Cyanobacteria», en *BMC Evolutionary Biology*, 11 (2011), p. 45.

3 Véase Howard Berg, «Marvels of Bacterial Behavior», en *Proceedings of the American Philosophical Society*, 150, núm. 3 (2006), pp. 428-442; Pamela Lyon, «The Cognitive Cell: Bacterial Behavior Reconsidered», en *Frontiers in Microbiology*, 6 (2015), pp. 264; Jeffry Stock y Sherry Zhang, «The Biochemistry of Memory», en *Current Biology*, 23, núm. 17 (2013), R741-745.

4 Sobre la evolución de estas células más complejas y el papel de que antiguamente una célula se tragara a otra, véase John Archibald, *One Plus One Equals One: Symbiosis and the Evolution of Complex Life*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2014. La célula que ingirió a la otra era bacteriforme (como digo en el texto) solo en un sentido informal. Probablemente era un arqueo primitivo.

5 Para un examen general, véase Gáspár Jékely, «Evolution of Phototaxis», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 364 (2009), pp. 2795-2808. En 2016, un destacado estudio describió una cianobacteria que puede enfocar una imagen utilizando toda la célula como un «globo ocular microscópico» y crear una imagen en el interior del borde de la célula más alejado de la fuente de luz. Véase Nils Schuergers *et al.*, «Cyanobacteria Use Micro-Optics to Sense Light Direction», en *eLife*, 5 (2016), e12620.

6 Véase Melinda Baker, Peter Wolanin y Jeffry Stock, «Signal Transduction in Bacterial Chemotaxis», en *BioEssays*, 28 (2005), pp. 9-22.

7 Véase Spencer Nyholm y Margaret McFall-Ngai, «The Winnowing: Establishing the Squid-Vibrio Symbiosis», en *Nature Reviews Microbiology*, 2 (2004), pp. 632-642.

8 Para un debate más extenso sobre este tema, véase mi «Mind, Matter, and Metabolism», en *Journal of Philosophy*, 113, núm. 10 (2016), 481-506.

9 Para estas relaciones, elaboradas de manera muy minuciosa, véase John Tyler Bonner, *First Signals: The Evolution of Multicellular Development*, Princeton (Nueva Jersey), Princeton University Press, 2000. Este libro tuvo un gran impacto sobre mi pensamiento acerca de las transiciones de comportamiento y la vida multicelular.

10 J. B. S. Haldane, uno de los grandes evolucionistas de una generación anterior, señaló en 1954 que muchas hormonas y neurotransmisores (sustancias que se usan para controlar y coordinar sucesos en el seno de organismos como nosotros) tienen efectos sobre organismos marinos simples cuando encuentran dichas sustancias químicas en su ambiente. Las sustancias químicas que empleamos como señales internas son interpretadas por organismos más sencillos como señales o pistas externas. Haldane lanzó la hipótesis de que neurotransmisores y hormonas tienen su origen en señales químicas entre algunos de nuestros antepasados unicelulares: véase J. B. S. Haldane, «La signalisation animale», en *Année Biologique*, 58 (1954), pp. 89-98. En el texto no discuto

sistemas hormonales que modifican acciones en tiempo real junto con nuestros sistemas nerviosos. Constituyen otro caso interesante de emisión de señales internas.

11 Véase el clásico de John Maynard Smith y Eörs Szathmáry *The Major Transitions in Evolution*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 1995, y un volumen posterior de Brett Calcott y Kim Sterelny (eds.), *The Major Transitions in Evolution Revisited*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 2011. Para un examen de las muchas transiciones hasta la multicelularidad que se ven en grupos diferentes, véase Richard Grosberg y Richard Strathman, «The Evolution of Multicellularity: A Minor Major Transition?», en *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38 (2007), pp. 621-654. Incluso los procariotas han desarrollado por evolución formas multicelulares. También discuto las transiciones a la multicelularidad en mi *Darwinian Populations and Natural Selection*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2009.

12 Cuando escribo esto, esta controversia todavía se mantiene viva. Una buena presentación de lo que en el texto denomino la hipótesis «mayoritaria» es la de Claus Nielsen, «Six Major Steps in Animal Evolution: Are We Derived Sponge Larvae?», en *Evolution and Development*, 10, núm. 2 (2008), pp. 241-257. Esta hipótesis ha sido puesta en duda por artículos que emplean datos genéticos para aducir que los ctenóforos se bifurcaron del resto de animales antes de que lo hicieran las esponjas. Véase, en especial, el artículo de Joseph Ryan (y 16 coautores), «The Genome of the Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and Its Implications for Cell Type Evolution», en *Science*, 342 (2013), art. 1242592. El hecho de que las esponjas (o los ctenóforos) se hallen muy lejanamente emparentados con nosotros no significa que tuviéramos un antepasado con el aspecto de una esponja (o un ctenóforo). Una esponja actual es el producto de la evolución tanto como lo somos nosotros. ¿Por qué tendría que parecerse el antepasado más a las esponjas que a nosotros? Sin embargo, intervienen otros factores. Si consideramos las esponjas, hay ramificaciones evolutivas antiguas que conducen

a ambos lados a un tipo de organismo parecido a una esponja. También es posible que las esponjas sean parafiléticas: que no desciendan todas de un único antepasado común que se ramificó a partir de otros animales. Si este fuera el caso, esto respalda (aunque, en definitiva, no prueba) la hipótesis de que en nuestro pasado hubo un forma parecida a una esponja, porque más de un linaje de esta época antigua condujo hasta un animal actual parecido a una esponja. Para más asuntos relacionados con el comportamiento oculto de las esponjas, véase Sally Leys y Robert Meech, «Physiology of Coordination in Sponges», en *Canadian Journal of Zoology*, 84, núm. 2 (2006), pp. 288-306, y los artículos de S. Leys «Elements of a "Nervous System" in Sponges», en *Journal of Experimental Biology*, 218 (2015), pp. 581-591; S. Leys *et al.*, «Spectral Sensitivity in a Sponge Larva», en *Journal of Comparative Physiology*, A 188 (2002), pp. 199-202; y Onur Sakarya *et al.*, «A Post-Synaptic Scaffold at the Origin of the Animal Kingdom», en *PLoS ONE*, 2, núm. 6 (2007), e506.

13 En biología casi siempre existen excepciones: algunas neuronas tienen conexiones eléctricas directas entre ellas y no están limitadas a emplear señales químicas para salvar la brecha. Asimismo no todas las neuronas poseen potenciales de acción. Por ejemplo, cuando estoy escribiendo esto no está claro si *Caenorhabditis elegans*, un gusano diminuto que es un «organismo modelo» importante en biología, emplea potenciales de acción en su sistema nervioso. El sistema podría funcionar únicamente con cambios más graduales, más suaves y menos «digitales» en las propiedades eléctricas de sus neuronas. Para discusiones sobre la evolución de las neuronas, véase Leonid Moroz, «Convergent Evolution of Neural Systems in Ctenophores», en *Journal of Experimental Biology*, 218 (2015), pp. 598-611; Michael Nickel, «Evolutionary Emergence of Synaptic Nervous Systems: What Can We Learn from the Non-Synaptic, Nerveless Porifera?», en *Invertebrate Biology*, 129, núm. 1 (2010), pp. 1-16; y Tomás Ryan y Seth Grant, «The Origin and Evolution of Synapses», en *Nature Reviews Neu-*

roscience, 10 (2009), pp. 701-712. Para un examen de los debates actuales, véase Benjamin Liebeskind *et al.*, «Complex Homology and the Evolution of Nervous Systems», en *Trends in Ecology and Evolution*, 31, núm. 2 (2016), pp. 127-135. Algunos biólogos han afirmado que también las plantas poseen sistemas nerviosos. Véase «The Intelligent Plant», de Michael Pollan, en *The New Yorker*, 23-XII-2013, pp. 93-105.

14 Para la historia de este debate, y su importancia, estoy en deuda con el trabajo de Fred Keijzer y con las discusiones con él. Las dos imágenes que comento aquí parten de la base de que el sistema nervioso sirve principalmente para controlar el comportamiento. Esto es una simplificación, porque el sistema nervioso hace mucho más que eso. Controla procesos fisiológicos como los ciclos de sueño/vigilia y guía cambios a gran escala en nuestro cuerpo, como la metamorfosis. Sin embargo, aquí me centraré en el comportamiento. La primera tradición, que destaca el control sensorio motor, es un desarrollo natural de ideas filosóficas anteriores, pero en su forma explícita empieza quizá con el libro de George Parker *The Elementary Nervous System*, Filadelfia y Londres, J. B. Lippincott, 1919. George Mackie escribió algunos artículos especialmente interesantes en un entramado continuo con el de Parker; véase G. Mackie, «The Elementary Nervous System Revisited», en *American Zoologist* (ahora *Integrative and Comparative Biology*), 30, núm. 4 (1990), pp. 907-920, y R. Meech y G. Mackie, «Evolution of Excitability in Lower Metazoans», en *Invertebrate Neurobiology*, Geoffrey North y Ralph Greenspan (eds.), pp. 581-615, Cold Spring Harbor (Nueva York), Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2007. Esta tradición se ha continuado en Gáspár Jékely, «Origin and Early Evolution of Neural Circuits for the Control of Ciliary Locomotion», en *Proceedings of the Royal Society*, B 278 (2011), pp. 914-922. G. Jékely, F. Keijzer y yo escribimos juntos un artículo que combina nuestras ideas acerca de la función del sistema nervioso y su evolución temprana; véase G. Jékely, F. Keijzer y P. Godfrey-Smith, «An Option Space for Early Neural

Evolution», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 370 (2015), art. 20150181.

15 Véase Fred Keijzer, Marc van Duijn y Pamela Lyon, «What Nervous Systems Do: Early Evolution, Input-Output, and the Skin Brain Thesis», en *Adaptive Behavior*, 21, núm. 2 (2013), pp. 67-85; y una interesante secuela de F. Keijzer: «Moving and Sensing Without Input and Output: Early Nervous Systems and the Origins of the Animal Sensorimotor Organization», en *Biology and Philosophy*, 30, núm. 3 (2015), pp. 311-331.

16 Aquí el modelo inicial importante está en David Lewis, *Convention: A Philosophical Study*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1969. Su modelo lo modernizó Brian Skyrms en *Signals: Evolution, Learning, and Information*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2010. Mi «Sender-Receiver Systems Within and Between Organisms», en *Philosophy of Science*, 81, núm. 5 (2014), pp. 866-78, considera de qué modo los modelos de comunicación se aplican a interacciones dentro de los límites de un organismo.

17 Véase C. F. Pantin, «The Origin of the Nervous System», en *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli*, 28 (1956), pp. 171-181; L. M. Passano, «Primitive Nervous Systems», en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 50, núm. 2 (1963), pp. 306-313; y los artículos de Fred Keijzer citados anteriormente.

18 Kristin Weidenbach escribió una biografía de Sprigg titulada *Rock Star: The Story of Reg Sprigg. An Outback Legend*, Hindmarsh, Australia del Sur, East Street Publications, 2008; ed. Kindle: Adelaida, Australia del Sur, MidnightSun Publications, 2014. Sprigg dedicó sus ganancias como explorador geológico y emprendedor para establecer una reserva y un centro de ecoturismo: Arkaroola. También construyó su propia campana de buceo profundo y, durante un tiempo, detentó un record local de profundidad en inmersión con escafandra autónoma (90 metros, una profundidad a la que nadie me verá nunca).

19 La exposición se halla en el Museo de Australia del Sur, Adelaida, donde J. Gehling es el investigador jefe. Para mi discusión del Ediacarense, y las fechas de diversos acontecimientos en la historia de los animales, me he basado principalmente en Kevin Peterson *et al.* (entre ellos J. Gehling), «The Ediacaran Emergence of Bilaterians: Congruence Between the Genetic and the Geological Fossil Records», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 363 (2008), pp. 1435-1443. Véase también Shuhai Xiao y Marc Laflamme, «On the Eve of Animal Radiation: Phylogeny, Ecology and Evolution of the Ediacara Biota», en *Trends in Ecology and Evolution*, 24, núm. 1 (2009), pp. 31-40; y Adolf Seilacher, Dmitri Grazhdankin y Anton Legouta, «Ediacaran Biota: The Dawn of Animal Life in the Shadow of Giant Protists», en *Paleontological Research*, 7, núm. 1 (2003), pp. 43-54.

20 Este organismo ha tenido muchas interpretaciones, desde medusa hasta molusco. Véase M. Fedonkin, A. Simonetta y A. Ivantsov, «New Data on *Kimberella*, the Vendian Mollusc-like Organism (White Sea Region, Russia): Palaeoecological and Evolutionary Implications», en *The Rise and Fall of the Ediacaran Biota*, Patricia Vickers-Rich y Patricia Komarower (eds.), Londres, Geological Society, 2007, pp. 157-179; y, más recientemente, Graham Budd, «Early Animal Evolution and the Origins of Nervous Systems», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 370 (2015), art. 20150037. Para una interpretación como molusco, véase Jakob Vinther, «The Origins of Molluscs», en *Palaeontology*, 58, 1 (2015), pp. 19-34. Durante el periodo en que se escribió este libro, *Kimberella* se convirtió en un fósil todavía más importante y polémico. Uno de mis corresponsales se mostró preocupado por si yo estuviera perpetuando una interpretación dudosa de *Kimberella* como molusco; para otro, *Kimberella* como molusco es fundamental para la interpretación de la evolución de los primeros bilaterales. (No se trata de los autores de los artículos citados anteriormente). Quizá, cuando el lector lea esto, todo esté más claro.

21 Véase Mark McMenamin, *The Garden of Ediacara: Discovering the First Complex Life*, Nueva York, Columbia University Press, 1998.

22 Los artículos de dicho congreso se han publicado en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 370, diciembre de 2015. El congreso, titulado «Origen y Evolución del Sistema Nervioso», fue organizado por Frank Hirth y Nicholas Strausfeld. Para alguna discusión sobre los aguijones de las medusas, véase el artículo de Doug Irwin «Early Metazoan Life: Divergence, Environment and Ecology» en dicha colección. Véase también el artículo de Graham Budd «Early Animal Evolution and the Origins of Nervous Systems». El siguiente volumen, el 371, de enero de 2016, contiene artículos de un congreso posterior (Homología y Convergencia en la Evolución del Sistema Nervioso) que también resultó muy valioso para este libro.

23 Aquí utilizo dos artículos: Charles Marshall, «Explaining the Cambrian "Explosion" of Animals», en *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 34 (2006), pp. 355-384, y Roy Plotnick, Stephen Dornbos y Junyuan Chen, «Information Landscapes and Sensory Ecology of the Cambrian Radiation», en *Paleobiology*, 36, núm. 2 (2010), pp. 303-317.

24 Véase Graham Budd y Sören Jensen, «The Origin of the Animals and a "Savannah" Hypothesis for Early Bilaterian Evolution», en *Biological Reviews*, publicado en línea, 20-XI-2015; y Linda Holland y seis coautores, «Evolution of Bilaterian Central Nervous Systems: A Single Origin?», en *EvoDevo*, 4 (2013), p. 27. Véase también el volumen de las *Philosophical Transactions of the Royal Society* de la conferencia de 2015 al que me referí en la nota 22 de este capítulo. Se pueden plantear preguntas separadas acerca de los primerísimos bilaterales y acerca del antepasado común más reciente de todos los bilaterales que están vivos en la actualidad. Por ejemplo, las manchas oculares pueden haber estado presentes en estos últimos, pero no en los primeros. Si el antepasado común más reciente de los bilaterales vivos presentaba manchas oculares, esto implica que los animales bilaterales de Ediacara, como *Kim-*

berella y *Spriggina*, las tenían (si es que son bilaterales) o, al menos, estaban en sus antepasados. De nuevo, todo resulta polémico en la actualidad. Por cierto, las estrellas de mar son oficialmente bilaterales, aunque en su forma adulta poseen una simetría radial. Existen controversias a propósito de la categoría; se ha argumentado que los cnidarios son en realidad bilaterales o que un antepasado era bilateral. Véase John Finnerty, «The Origins of Axial Patterning in the Metazoa: How Old Is Bilateral Symmetry?», en *International Journal of Developmental Biology*, 47 (2003), pp. 523-529.

25 Véase Anders Garm, Magnus Oskarsson y Dan-Eric Nilsson, «Box Jellyfish Use Terrestrial Visual Cues for Navigation», en *Current Biology*, 21, núm. 9 (2011), pp. 798-803.

26 Véase Andrew Parker, *In the Blink of an Eye: How Vision Sparked the Big Bang of Evolution*, Nueva York, Basic Books, 2003.

27 Véase G. Budd y S. Jensen, «The Origin of the Animals and a "Savannah" Hypothesis for Early Bilaterian Evolution», citado *supra* (nota 24 de este capítulo). J. Gehling esbozó hipótesis como esta cuando me mostró los ediacarenses en Adelaida.

28 Véase el artículo de Michael Trestman «The Cambrian Explosion and the Origins of Embodied Cognition», en *Biological Theory*, 8, núm. 1 (2013), pp. 80-92.

29 Véase Maria Antonietta Tosches y Detlev Arendt, «The Bilaterian Forebrain: An Evolutionary Chimaera», en *Current Opinion in Neurobiology*, 23, núm. 6 (2013), pp. 1080-1089; y D. Arendt, M. A. Tosches y H. Marlow, «From Nerve Net to Nerve Ring, Nerve Cord and Brain. Evolution of the Nervous System», *Nature Reviews Neuroscience*, 17 (2016), pp. 61-72.

30 En este esquema evito tomar partido sobre cuestiones que todavía están en discusión. Se omiten totalmente los ctenóforos, aunque la incertidumbre que se indica acerca de dónde evolucionaron las neuronas refleja el desconocimiento sobre dónde pudieran encontrarse los ctenóforos en el árbol. Las estrellas de mar y otros equinodermos, junto con algunos animales invertebrados bilaterales, se hallan en nuestro lado de la horquilla. El esquema no incluye

organismos que no son animales, como las plantas y los hongos. Estos, y muchos organismos unicelulares, aparecerían en ramas situadas más a la derecha.

3. MALIGNIDAD Y ASTUCIA

1 La cita pertenece a *De natura animalium* [Claudio Eliano, *Historia de los animales*, 2 vols., Madrid, Gredos, 1984, José María Díaz-Regañón López (trad.), libro XIII, 6 (p. 160, vol. 2)].

2 Para los aspectos básicos de la ciencia de los cefalópodos y de su comportamiento, véase Roger Hanlon y John Messenger, *Cephalopod Behaviour*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1996; pronto aparecerá una nueva edición; y Anne-Sophie Darmaillacq, Ludovic Dickel y Jennifer Mather (eds.), *Cephalopod Cognition*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2014. Otros textos más populares son: *Octopus: The Ocean's Intelligent Invertebrate*, de Jennifer Mather, Roland Anderson y James Wood, Portland (Oregón), Timber Press, 2010; y el libro de Sy Montgomery *The Soul of an Octopus: A Surprising Exploration into the Wonder of Consciousness*, Nueva York, Atria-Simon and Schuster, 2015.

3 Para gran parte de la historia en este capítulo me baso en Björn Kröger, Jakob Vinther y Dirk Fuchs, «Cephalopod Origin and Evolution: A Congruent Picture Emerging from Fossils, Development and Molecules», en *BioEssays*, 33, núm. 8 (2011), pp. 602-613. El libro de James Valentine *On the Origin of Phyla*, Chicago, University of Chicago Press, 2004, proporciona una visión general.

4 Resulta interesante pensar que el vuelo en tierra podría haberse inventado, varias veces, en un aire más parecido al mar. Véase Robert Dudley, «Atmospheric Oxygen, Giant Paleozoic Insects and the Evolution of Aerial Locomotor Performance», en *Journal of Experimental Biology*, 201 (1998), pp. 1043-1050.

5 Para más información sobre el nautilo, véase Jennifer Basil y Robyn Crook, «Evolution of Behavioral and Neural Complexity: Learning and Memory in Chambered Nautilus», en Anne-Sophie Darmaillacq, Ludovic Dickel y Jennifer Mather (eds.), *Cephalopod Cognition*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2014, pp. 31-56.

6 Para el primero, véase Joanne Kluessendorf y Peter Doyle, «*Pohlsepia mazonensis*, an Early "Octopus" from the Carboniferous of Illinois, USA», en *Palaeontology*, 43, núm. 5 (2000), pp. 919-926. A algunos biólogos no les convence este, que se remonta a hace más de 290 millones de años. El que no es polémico, datado mucho más tarde, de hace unos 164 millones de años, se denomina *Proteroctopus*. Véase J.-C. Fischer y Bernard Riou, «Le plus ancien octopode connu (Cephalopoda, Dibranchiata): *Proteroctopus ribeti* nov. gen., nov. sp., du Callovien de l'Ardèche (France)», en *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 295, núm. 2 (1982), pp. 277-280. La página web de TONMO presenta una buena discusión de pulpos fósiles: www.tonmo.com/pages/fossil-octopuses.

7 Un buen artículo sobre este tema es el de Frank Grasso y Jennifer Basil, «The Evolution of Flexible Behavioral Repertoires in Cephalopod Molluscs», en *Brain, Behavior and Evolution*, 74, núm. 3 (2009), pp. 231-245.

8 Binyamin Hochner, «Octopuses», en *Current Biology*, 18, núm. 19 (2008): R897-898, proporciona este resumen: «El sistema nervioso del pulpo contiene unos 500 millones de neuronas, más de cuatro órdenes de magnitud superior al de otros moluscos (por ejemplo, los caracoles terrestres tienen unas 10.000 neuronas) y más de dos órdenes de magnitud superior al de los insectos avanzados (las cucarachas y las abejas, por ejemplo, poseen alrededor de un millón de neuronas), que probablemente se sitúan cerca de los cefalópodos en complejidad de comportamiento en los invertebrados. El número de neuronas en los pulpos se encuentra en el rango de anfibios como las ranas (~16 millones) y de los pequeños

mamíferos como los ratones (~50 millones) y las ratas (~100 millones) y su cantidad no es mucho menor que la de los perros (~600 millones), los gatos (~1000 millones) y los macacos bunder (~2000 millones)». Es difícil contar o estimar el número de neuronas, y estas cifras deben considerarse aproximadas. Suzana Herculano-Houzel, de la Universidad Federal de Río de Janeiro, ha puesto en marcha un nuevo método y lo ha aplicado a algunos animales: los pulpos se encuentran entre los siguientes de su lista.

9 Véase Irene Maxine Pepperberg, *The Alex Studies: Cognitive and Communicative Abilities of Grey Parrots*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 2000; Nathan Emery y Nicola Clayton, «The Mentality of Crows: Convergent Evolution of Intelligence in Corvids and Apes», en *Science,* 306 (2004), pp. 1903-1907; Alex Taylor, «Corvid Cognition», en *WIREs Cognitive Science*, 5, núm. 3 (2014), pp. 361-372.

10 Véase David Edelman, Bernard J. Baars y Anil K. Seth, «Identifying Hallmarks of Consciousness in Non-Mammalian Species», en *Consciousness and Cognition*, 14, núm. 1 (2005), pp. 169-187.

11 Roger Hanlon y John Messenger, *Cephalopod Behaviour*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1996; Anne-Sophie Darmaillacq, Ludovic Dickel y Jennifer Mather (eds.), *Cephalopod Cognition*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2014.

12 Su artículo es «Some Observations on an Operant in the Octopus», en *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 2, núm. 1 (1959), pp. 57-63. Para la historia acerca de la reflexión sobre el aprendizaje mediante castigo y recompensa, véase Edward Thorndike, «Animal Intelligence: An Experimental Study of the Associative Processes in Animals», en *The Psychological Review*, suplemento monográfico 2, núm. 4 (1898), pp. 1-109; y B. F. Skinner, *The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis*, Oxford (Reino Unido), Appleton-Century, 1938 [*La conducta de los organismos. Un análisis experimental*, Barcelona, Fontanella, 1975].

13 Un relato apareció en el periódico del Reino Unido *The Telegraph:* el acuario Estrella de Mar de Coburgo, Alemania, padecía misteriosos apagones. Un portavoz declaró: «En la tercera noche descubrimos que el pulpo Otto era el responsable del caos [...]. Sabíamos que se aburría porque el acuario se cerraba en invierno y, con sus 85 centímetros, Otto había descubierto que era lo bastante grande como para encaramarse a la pared de su tanque y lanzar al foco de 2.000 vatios que hay sobre el mismo un chorro de agua certeramente dirigido» (www.telegraph.co.uk/news/newstopics/howaboutthat/3328480/Otto-the-octopus-wrecks-havoc.html). Otro caso se dio en la Universidad de Otago, en Nueva Zelanda, que me describió Jean McKinnon (comunicación personal). Esta informante añade: «Ya no ha vuelto a suceder: ¡hemos instalado focos resistentes al agua!».

14 Comunicación personal.

15 Véase Roland Anderson, Jennifer Mather, Mathieu Monette y Stephanie Zimsen, «Octopuses *(Enteroctopus dofleini)* Recognize Individual Humans», en *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 13, núm. 3 (2010), pp. 261-272.

16 Jean Boal, comunicación personal.

17 Gran parte del trabajo neurobiológico inicial era así; por ejemplo, varios estudios que se describen en Marion Nixon y John Z. Young, *The Brains and Lives of Cephalopods*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2003. La nueva normativa de la UE es la directiva 2010/63/EU del Parlamento y del Consejo europeos.

18 Véase Jennifer Mather y Roland Anderson, «Exploration, Play and Habituation in *Octopus dofleini*», en *Journal of Comparative Psychology*, 113, núm. 3 (1999), pp. 333-338; y Michael Kuba, Ruth Byrne, Daniela Meisel y Jennifer Mather, «When Do Octopuses Play? Effects of Repeated Testing, Object Type, Age, and Food Deprivation on Object Play in *Octopus vulgaris*», en *Journal of Comparative Psychology*, 120, núm. 3 (2006), pp. 184-190. Hay también un capítulo en Anne-Sophie Darmaillacq, Ludovic Dickel y Jennifer Mather (eds.), *Cephalopod Cognition*, Cambridge

(Reino Unido), Cambridge University Press, 2014, del experto en juegos Gordon Burghardt y Michael Kuba.

19 Matt lo cronometró con su cámara. Este no fue el único recorrido en el que un pulpo lo condujo, pero sí el más prolongado.

20 La página web es TONMO.com.

21 Nuestro primer artículo sobre este lugar es Peter Godfrey-Smith y Matt Lawrence, «Long-Term High-Density Occupation of a Site by *Octopus tetricus* and Possible Site Modification Due to Foraging Behavior», en *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 45, núm. 4 (2012), pp. 1-8.

22 Estas fotografías, y las de las páginas 129, 130, 219, 222 y 223, son fotogramas de vídeos grabados por cámaras automáticas en este lugar. Agradezco a mis colaboradores (Matt Lawrence, David Scheel y Stefan Linquist) su permiso para imprimirlas en el libro.

23 El artículo es de Julian Finn, Tom Tregenza y Mark Norman, «Defensive Tool Use in a Coconut-Carrying Octopus», en *Current Biology*, 19, núm. 23 (2009): R1069-1070. El mejor ejemplo que conozco del uso de utensilios compuestos por animales es el empleo por algunos chimpancés de un yunque de piedra para cascar nueces junto con una «cuña de piedra». La cuña de piedra se inserta bajo el yunque para nivelar su superficie superior, lo que facilita su uso. Véase William McGrew, «Chimpanzee Technology», *Science,* 328 (2010), pp. 579-580.

24 Esta es una generalización amplia y algunos autores pondrían mucho énfasis en las excepciones: arañas y estomatópodos. Para las arañas, véase Robert Jackson y Fiona Cross, «Spider Cognition», en *Advances in Insect Physiology*, 41 (2011), pp. 115-174. Roy Caldwell, un conocido investigador de los pulpos de la Universidad de California (Berkeley), afirma que algunos estomatópodos (o langostas mantis) poseen una capacidad de comportamiento muy compleja y no menos sofisticada que la de los pulpos, aunque, debido a su diferente disposición sensorial, Caldwell cree que la comparación puede no resultar muy significativa. Véase Thomas Cronin, Roy Caldwell y Justin Marshall, «Learning in Stomatopod

Crustaceans», en *International Journal of Comparative Psychology*, 19 (2006), pp. 297-317.

25 Existe un debate en curso acerca de la complejidad de este animal, el antepasado del protóstomo/deuteróstomo. Véase Nicholas Holland, «Nervous Systems and Scenarios for the Invertebrate-to-Vertebrate Transition», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 371, núm. 1685 (2016), art. 20150047; y Gabriella Wolff y Nicholas Strausfeld, «Genealogical Correspondence of a Forebrain Centre Implies an Executive Brain in the Protostome-Deuterostome Bilaterian Ancestor», art. 20150055, en el mismo volumen de *Philosophical Transactions* B 371, que reúne artículos del segundo día del congreso de 2015 organizado por Frank Hirth y Nicholas Strausfeld que comenté supra (capítulo 2). Se supone que mi frase «probablemente era un animal vermiforme» es vaga y no indica una conexión con ningún tipo de gusanos actuales (platelmintos, anélidos, etcétera). G. Wolff y N. Strausfeld piensan, como indica su título, que había un «cerebro ejecutivo» en el antepasado común, pero tienen en mente una estructura que es sencilla según la mayoría de criterios; comparan el ancestro hipotético platelmintos con un cerebro que contiene cientos de neuronas. Para una opinión contraria, que propone bilaterales iniciales muy pequeños y más simples, véase Gregory Wray, «Molecular Clocks and the Early Evolution of Metazoan Nervous Systems», art. 20150046, en *Philosophical Transactions*, B 370, núm. 1684 (2015), la colección de artículos del primer día de aquel congreso.

26 Véase Bernhard Budelmann, «The Cephalopod Nervous System: What Evolution Has Made of the Molluscan Design», en O. Breidbach y W. Kutsch (eds.), *The Nervous System of Invertebrates: An Evolutionary and Comparative Approach*, Basilea (Suiza), Birkhäuser, 1995, pp. 115-138.

27 Véase Marion Nixon y John Z. Young, *The Brains and Lives of Cephalopods*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2003.

28 Véase Tamar Flash y Binyamin Hochner, «Motor Primitives in Vertebrates and Invertebrates», en *Current Opinion in Neurobiology*, 15, núm. 6 (2005), pp. 660-666.

29 Véase Frank Grasso, «The Octopus with Two Brains: How Are Distributed and Central Representations Integrated in the Octopus Central Nervous System?», en Anne-Sophie Darmaillacq, Ludovic Dickel y Jennifer Mather (eds.), *Cephalopod Cognition*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2014, pp. 94-122.

30 Véase Tamar Gutnick, Ruth Byrne, Binyamin Hochner y Michael Kuba, «*Octopus vulgaris* Uses Visual Information to Determine the Location of Its Arm», en *Current Biology*, 21, núm. 6 (2011), pp. 460-462. En el libro de Sy Montgomery *The Soul of an Octopus*, esta autora dice que muchos investigadores relatan anécdotas en las que un pulpo al que se ha colocado en un tanque desconocido con un fragmento de comida suele manifestar cierto desacuerdo entre sus brazos. Algunos de estos últimos intentan acercar la comida, mientras que otros se encogen temerosos en un rincón. Una vez presencié una situación que mostraba exactamente este fenómeno tras haber puesto a un pulpo en un tanque en un laboratorio de Sídney. El animal parecía debatirse entre distintos brazos que respondían de manera muy diferente. Sin embargo, no estoy seguro del sentido de este hecho, en especial cuando más tarde reparé en que la iluminación de la sala era tan brillante que el animal podría haber estado confundido por completo.

31 También hay especies de pulpos de aguas profundas, de las que se sabe poco. Se incluye un buen capítulo sobre ellas en *Cephalopod Cognition*, Anne-Sophie Darmaillacq, Ludovic Dickel y Jennifer Mather (eds.), Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2014.

32 Véase Nicholas Humphrey, «The Social Function of Intellect», en *Growing Points in Ethology*, P. P. G. Bateson y R. Hinde (eds.), Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1976, pp. 303-317, y Richard Byrne y Lucy Bates, «Sociality,

Evolution and Cognition», en *Current Biology*, 17, núm. 16 (2007), R714-723.

33 Su artículo es «Cognition, Brain Size and the Extraction of Embedded Food Resources», en J. G. Else y P. C. Lee (eds.), *Primate Ontogeny, Cognition and Social Behaviour*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1986, pp. 93-103. También comento estas reflexiones en «Cephalopods and the Evolution of the Mind», en *Pacific Conservation Biology*, 19, núm. 1 (2013), pp. 4-9.

34 Este aspecto me lo plantearon Michael Trestman y Jennifer Mather.

35 Véase Russell Fernald, «Evolution of Eyes», en *Current Opinion in Neurobiology*, 10 (2000), pp. 444-450; y Nadine Randel y Gáspár Jékely, «Phototaxis and the Origin of Visual Eyes», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 371 (2016), art. 20150042.

36 Véase Clint Perry, Andrew Barron y Ken Cheng, «Invertebrate Learning and Cognition: Relating Phenomena to Neural Substrate», en *WIREs Cognitive Science*, 4, núm. 5 (2013), pp. 561-582.

37 Véase Marcos Frank, Robert Waldrop, Michelle Dumoulin, Sara Aton y Jean Boal, «A Preliminary Analysis of Sleep-Like States in the Cuttlefish *Sepia officinalis*», en *PLoS One* 7, núm. 6 (2012), e38125.

38 Una discusión general clásica es la del libro de Andy Clark *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1997 [*Estar ahí. Cerebro, cuerpo y mundo en la nueva ciencia cognitiva*, Barcelona, Paidós, 1999]. Para el trabajo de robótica, véase Rodney Brooks, «New Approaches to Robotics», en *Science*, 253 (1991), pp. 1227-1232. El artículo de Hillel Chiel y Randall Beer es «The Brain Has a Body: Adaptive Behavior Emerges from Interactions of Nervous System, Body and Environment», en *Trends in Neurosciences*, 23, núm. 12 (1997), pp. 553-557. Dos artículos interesantes que utilizan el concepto de «personificación» cuando se piensa en los pulpos son «A New Perspective on the Organization of an Invertebrate Brain», en

Communicative and Integrative Biology, 4, núm. 1 (2011), pp. 26-29, de Letizia Zullo y Binyamin Hochner, y «How Nervous Systems Evolve in Relation to Their Embodiment: What We Can Learn from Octopuses and Other Molluscs», en *Brain, Behavior and Evolution*, 82, núm. 1 (2013), pp. 19-30, de B. Hochner. El material incluido al final de este capítulo estuvo influido por una discusión entre varios miembros del público en las reuniones de la Asociación Australasiática de Filosofía en 2014, en respuesta a una conferencia de Sidney Diamante titulada «Reaching Out to the World: Octopuses and Embodied Cognition». Cecilia Laschi, en Pisa, dirige actualmente un equipo que trabaja en un pulpo robótico, con un interés especial en los brazos del mismo. Véase www.octopus-project.eu/index.html.

39 Técnicamente, se podría decir que un pulpo solo tiene *topología:* hay datos acerca de qué partes están conectadas unas con otras, pero las distancias entre las mismas y los ángulos son ajustables.

40 A veces se señala que los lóbulos ópticos, detrás de los ojos, no forman realmente parte del cerebro «central», a pesar de que cumplen una función importante en la cognición del pulpo.

4. DEL RUIDO BLANCO A LA CONSCIENCIA

1 Véase su «What Is It Like to Be a Bat?», en *The Philosophical Review*, 83, núm. 4 (1974), pp. 435-450.

2 Se añaden unos pasos más en mi «Mind, Matter, and Metabolism», en *The Journal of Philosophy*, 113, núm. 10 (2016), 481-506, y en «Evolving Across the Explanatory Gap» (de próxima aparición). Una parte de la solución vendrá del desarrollo de nueva teoría y otra de una reformulación crítica del propio problema. Aquí no intento realizar dicha reformulación.

3 Comento algunas de estas distinciones con más detalle en mi «Animal Evolution and the Origins of Experience», en *How Biology Shapes Philosophy: New Foundations for Naturalism*, David

Livingstone Smith (ed.), Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2016.

4 Véase Thomas Nagel, «Panpsychism», en *Mortal Questions*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1979, pp. 181-195; y Galen Strawson *et al.*, *Consciousness and Its Place in Nature: Does Physicalism Entail Panpsychism?*, Anthony Freeman (ed.), Exeter (Reino Unido) y Charlottesville (Virginia), Imprint Academic, 2006.

5 Véase Paul Bach-y-Rita, «The Relationship Between Motor Processes and Cognition in Tactile Vision Substitution», en *Cognition and Motor Processes*, Wolfgang Prinz y Andries Sanders (eds.), pp. 149-160, Berlín, Springer Verlag, 1984; también, Paul Bach-y-Rita y Stephen Kercel, «Sensory Substitution and the Human-Machine Interface», en *Trends in Cognitive Sciences*, 7, núm. 12 (2003), pp. 541-546. Para un enfoque más crítico sobre estas tecnologías, véase Ophelia Deroy y Malika Auvray, «Reading the World through the Skin and Ears: A New Perspective on Sensory Substitution», en *Frontiers in Psychology*, 3 (2012), p. 457.

6 Espero que suene raro: ¿cómo podemos hacer *esto*? Algunos filósofos ponen tanto énfasis en la interpretación de la experiencia por parte de los organismos que la «entrada» sensorial termina siendo una especie de construcción por parte del propio organismo. Otro enfoque, que se observa en filosofías orientadas hacia lo biológico y, por tanto, más relevantes para este libro, sería expandir hacia fuera los límites del organismo. Cualquier cosa que desempeñe un papel importante en las entradas y salidas de la sensación y de la acción ha de ser realmente intrínseca al sistema vivo. Evan Thompson ha defendido no hace mucho un punto de vista parecido en su libro *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*, Cambridge (Massachusetts), Belknap Press of Harvard University Press, 2007. Estas afirmaciones suelen surgir con el fin de evitar con determinación la idea de que el organismo es un receptor pasivo de la información que le llega desde el exterior. Sin embargo, van demasiado lejos en la otra dirección.

7 Véase también Alva Noë, *Out of Our Heads: Why You Are Not Your Brain, and Other Lessons from the Biology of Consciousness*, Nueva York, Hill and Wang, 2010, y Evan Thompson, *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*, Cambridge (Massachusetts), Belknap Press of Harvard University Press, 2007.

8 Véase Ann Kennedy *et al.*, «A Temporal Basis for Predicting the Sensory Consequences of Motor Commands in an Electric Fish», en *Nature Neuroscience*, 17 (2014), pp. 416-422.

9 Véase su excelente artículo «The Liabilities of Mobility: A Selection Pressure for the Transition to Consciousness in Animal Evolution», en *Consciousness and Cognition*, 14, núm. 1 (2005), pp. 89-114. El artículo de Björn Merker ha tenido mucha influencia en este capítulo.

10 Tyler Burge, en su *Origins of Objectivity*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2010, ha destacado la importancia de las constancias perceptuales para los problemas filosóficos.

11 Véase Laura Jiménez Ortega *et al.*, «Limits of Intraocular and Interocular Transfer in Pigeons», en *Behavioural Brain Research*, 193, núm. 1 (2008), pp. 69-78.

12 Véase W. R. A. Muntz, «Interocular Transfer in Octopus: Bilaterality of the Engram», en *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 54, núm. 2 (1961), pp. 192-195.

13 Véase Giorgio Vallortigara, Lesley Rogers y Angelo Bisazza, «Possible Evolutionary Origins of Cognitive Brain Lateralization», en *Brain Research Reviews*, 30, núm. 2 (1999), pp. 164-175.

14 Véase Roger Sperry, «Brain Bisection and Mechanisms of Consciousness», en *Brain and Conscious Experience*, John Eccles (ed.), Berlín, Springer-Verlag, 1964, pp. 298-313; Thomas Nagel, «Brain Bisection and the Unity of Consciousness», en *Synthese*, 22 (1971), pp. 396-413; y Tim Bayne, *The Unity of Consciousness*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2010.

15 Marian Dawkins, «What Are Birds Looking at? Head Movements and Eye Use in Chickens», en *Animal Behaviour*, 63, núm. 5 (2002), pp. 991-998.

16 Existe también una tercera escala temporal, la del desarrollo individual. Véase el libro de Alison Gopnik *The Philosophical Baby: What Children's Minds Tell Us About Truth, Love, and the Meaning of Life*, Nueva York, Farrar, Straus and Giroux, 2009.

17 Véase (!) su libro *Sight Unseen: An Exploration of Conscious and Unconscious Vision*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2005. Este es el lugar adecuado para incluir una crítica interesante de una parte del trabajo que uso en estos pasajes con respecto a cómo se identifican los procesos «inconscientes». ¿Acaso se ocupa demasiado de la presencia de la experiencia consciente como una cuestión de sí o no? Quizá debería entenderse en su totalidad, en cambio, como una cuestión de grado, en cuyo caso el acopio de datos y el informe de resultados tendrían que ser diferentes. Véase Morten Overgaard *et al.*, «Is Conscious Perception Gradual or Dichotomous? A Comparison of Report Methodologies During a Visual Task», en *Consciousness and Cognition*, 15 (2006), pp. 700-708.

18 Su artículo era «Two Visual Systems in the Frog», en *Science*, 181 (1973), pp. 1053-1055. La cita de David Milner y Melvyn Goodale es de su libro *Sight Unseen: An Exploration of Conscious and Unconscious Vision*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2005.

19 Véase su *Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts*, Nueva York, Viking Penguin, 2014 [*La conciencia en el cerebro. Descifrando el enigma de cómo el cerebro elabora nuestros pensamientos*, Buenos Aires, Siglo XXI, 2015]. Para una discusión adicional de los hallazgos de parpadeo en el párrafo siguiente, véase Robert Clark *et al.*, «Classical Conditioning, Awareness, and Brain Systems», en *Trends in Cognitive Sciences*, 6, núm. 12 (2002), pp. 524-531.

20 Véase Bernard J. Baars, *A Cognitive Theory of Consciousness*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1988.

21 Véase Jesse Prinz, *The Conscious Brain: How Attention Engenders Experience*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2012.

22 Véase «Animal Evolution and the Origins of Experience», en *How Biology Shapes Philosophy: New Foundations for Naturalism*, David Livingstone Smith (ed.), Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2016, para más información sobre esta idea.

23 Prinz adopta esta posición. No estoy seguro acerca de Dehaene.

24 Aquí utilizo algunas obras recientes sobre el dolor en peces, aves e invertebrados. Las principales son T. Danbury *et al.*, «Self-Selection of the Analgesic Drug Carprofen by Lame Broiler Chickens», en *Veterinary Record*, 146, núm. 11 (2000), pp. 307-311; Lynne Sneddon, «Pain Perception in Fish: Evidence and Implications for the Use of Fish», en *Journal of Consciousness Studies*, 18, núm. 9-10 (2011), pp. 209-229; C. H. Eisemann *et al.*, «Do Insects Feel Pain? A Biological View», en *Experientia*, 40, núm. 2 (1984), pp. 164-167; R. W. Elwood, «Evidence for Pain in Decapod Crustaceans», en *Animal Welfare*, 21, supl. 2 (2012), pp. 23-27. Para la obra de Derek Denton sobre emociones primordiales, véase D. Denton *et al.*, «The Role of Primordial Emotions in the Evolutionary Origin of Consciousness», en *Consciousness and Cognition*, 18, núm. 2 (2009), pp. 500-514 [véase también, del mismo autor, *El despertar de la conciencia. La neurociencia de las emociones primarias*, Barcelona, Paidós, 2009 *(N. del T.)*].

25 El artículo es «The Transition to Experiencing: I. Limited Learning and Limited Experiencing», *Biological Theory*, 2, núm. 3 (2007), pp. 218-230.

26 Aquí se dan muchas opciones. Podría ser un error ver un inicio de la experiencia subjetiva en esta fase, en oposición a un cambio en grado y carácter. Discuto algunas de las opciones más radicales en «Mind, Matter, and Metabolism», en *Journal of Philosophy*, 113, núm. 10 (2016), 481-506.

27 Aquí supongo que el antepasado común protóstomo/deuteróstomo era simple y que llevaba una sencilla vida ediacarense. Como comenté antes, algunas personas piensan que este animal era más complejo y que tenía lo que Gabriella Wolff y Nicholas Strausfeld denominan un «cerebro ejecutivo» que controlaba di-

versas posibilidades de acción. Véase su «Genealogical Correspondence of a Forebrain Centre Implies an Executive Brain in the Protostome-Deuterostome Bilaterian Ancestor», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 371 (2016), art. 20150055. Su argumento se basa en las semejanzas entre el cerebro de los vertebrados y el de los artrópodos actuales (como los insectos). Es interesante que piensen que los cefalópodos desarrollaron por evolución un diseño genuinamente nuevo, aunque resulte que humanos e insectos perfeccionaran el mismo plan ancestral: «Para los moluscos cefalópodos las pruebas señalan de forma abrumadora hacia comportamientos comparables impulsados por redes de computación que tienen orígenes ancestrales completamente independientes». Aquí es pertinente plantear una pregunta: el antepasado común más reciente del pulpo/humano es el mismo animal que el antepasado común del pulpo/insecto. Así pues, en su opinión, según parece, los moluscos se deshicieron de su «cerebro ejecutivo» heredado y, con posterioridad, los cefalópodos construyeron uno nuevo.

28 Dos artículos revolucionarios sobre esta cuestión son: Jennifer Mather, «Cephalopod Consciousness: Behavioural Evidence», en *Consciousness and Cognition*, 17, núm. 1 (2008), pp. 37-48, y D. B. Edelman, Bernard J. Baars y Anil K. Seth, «Identifying Hallmarks of Consciousness in Non-Mammalian Species», en *Consciousness and Cognition*, 14 (2005), pp. 169-187.

29 Véase B. B. Boycott y J. Z. Young, «Reactions to Shape in *Octopus vulgaris* Lamarck», en *Proceedings of the Zoological Society of London*, 126, núm. 4 (1956), pp. 491-547. Michael Kuba me confirma el sorprendente hecho de que no parece que este experimento tuviera una continuación (hasta donde él sabe).

30 Véase su «Navigation by Spatial Memory and Use of Visual Landmarks in Octopuses», en *Journal of Comparative Physiology*, A 168, núm. 4 (1991), pp. 491-497.

31 Véase Jean Alupay, Stavros Hadjisolomou y Robyn Crook, «Arm Injury Produces Long-Term Behavioral and Neural Hypersensi-

tivity in Octopus», en *Neuroscience Letters*, 558 (2013), pp. 137-142, y también Jennifer Mather, «Do Cephalopods Have Pain and Suffering?», en *Animal Suffering: From Science to Law*, Thierry Auffret van der Kemp y Martine Lachance (eds.), Toronto, Carswell, 2013. El estudio de J. Alupay y sus colegas descubrió asimismo que, cuando se extrajeron las partes del cerebro central de un pulpo, que por lo general son consideradas como las «más inteligentes» (los lóbulos vertical y frontal), esto no impidió que el pulpo se comportara de este modo con sus heridas. Así, como señalan los investigadores: o bien su conducta con respecto a sus heridas no constituye un indicador de dolor del modo en que se suele considerar de forma habitual, o bien los pulpos reciben representaciones de su cuerpo relacionadas con el dolor en algún otro lugar de su sistema nervioso. Sospecho que se trata de esto último, aunque nadie lo sabe a ciencia cierta.

32 Estoy en deuda con Laura Franklin-Hall por haber sugerido varios aspectos interesantes sobre este punto durante la discusión que siguió a una visita al laboratorio de pulpos de Benny Hochner en Jerusalén.

33 Véase M. A. Goodale, D. Pélisson y C. Prablanc, «Large Adjustments in Visually Guided Reaching Do Not Depend on Vision of the Hand or Perception of Target Displacement», en *Nature*, 320 (1986), pp. 748-750.

34 Hillel Chiel y Randall Beer, «The Brain Has a Body: Adaptive Behavior Emerges from Interactions of Nervous System, Body and Environment», en *Trends in Neurosciences*, 23, núm. 12 (1997), pp. 553-557.

5. CREANDO COLORES

1 Véase Alexandra Schnell, Carolynn Smith, Roger Hanlon y Robert Harcourt, «Giant Australian Cuttlefish Use Mutual Assessment to Resolve Male-Male Contests», en *Animal Behavior*, 107 (2015), pp. 31-40.

2 El libro de Roger Hanlon y John Messenger *Cephalopod Behaviour*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1996, incluye una buena descripción. Muchos artículos originados por los experimentos de Roger Hanlon en el laboratorio de biología marina de Woods Hole pueden encontrarse en: www.mbl.edu/bell/current-faculty/hanlon. Para una mayor precisión sobre los cromatóforos, véase Leila Deravi *et al.*, «The Structure-Function Relationships of a Natural Nanoscale Photonic Device in Cuttlefish Chromatophores», en *Journal of the Royal Society Interface*, 11, núm. 93 (2014), art. 201130942. Mi esquema de las capas de la piel se basa libremente en una figura de dicho artículo. No todos los cefalópodos poseen la organización en tres capas que se ejemplifica aquí.

3 Véase el apartado 2. 1 en Roger Hanlon y John Messenger *Cephalopod Behaviour*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 1996, pág. 19.

4 Véase Lydia Mäthger, Steven Roberts y Roger Hanlon, «Evidence for Distributed Light Sensing in the Skin of Cuttlefish, *Sepia officinalis*», en *Biology Letters*, 6, núm. 5 (2010), art. 20100223.

5 Todo lo que el primer artículo establecía era que los genes para estas moléculas se mantenían activos en la piel.

6 Recensión de *Cephalopod Cognition*, Anne-Sophie Darmaillacq, Ludovic Dickel y Jennifer Mather (eds.), Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2014, en *Animal Behavior*, 106 (2015), pp. 145-147.

7 Desmond Ramirez y Todd Oakley, «Eye-Independent, Light-Activated Chromatophore Expansion (LACE) and Expression of Phototransduction Genes in the Skin of *Octopus bimaculoides*», en *Journal of Experimental Biology*, 218 (2015), pp. 1513-1520.

8 Esto puede encontrarse en mi antigua página web sobre cefalópodos: http://giantcuttlefish.com/?p=2274.

9 Utilizando este mecanismo, si expandir un cromatóforo rojo en vez de uno amarillo influía menos en la luz entrante, esto demostraría que la luz contenía más rojo.

10 La tinta de los cefalópodos contiene más elementos que tinta oscura. Posee compuestos que pueden tener varios efectos sobre el sistema nervioso de los depredadores. Véase Marion Nixon y John Z. Young, *The Brains and Lives of Cephalopods*, Nueva York, Oxford University Press, 2003, p. 288.

11 La relación entre las funciones de camuflaje y de emisión de señales se discute en detalle en el artículo de Jennifer Mather «Cephalopod Skin Displays: From Concealment to Communication», en D. Kimbrough Oller y Ulrike Griebel (eds.), *Evolution of Communication Systems: A Comparative Approach*, pp. 193-214, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 2004.

12 Véase Karina Hall y Roger Hanlon, «Principal Features of the Mating System of a Large Spawning Aggregation of the Giant Australian Cuttlefish *Sepia apama* (Mollusca: Cephalopoda)», en *Marine Biology*, 140, núm. 3 (2002), pp. 533-545. Aquí pueden encontrarse varios comportamientos complejos. Algunos machos que no son lo bastante grandes para actuar como consortes de las hembras intentan «hacerse pasar» por hembras, con el fin de librarse de la vigilancia de un macho guardián y acercarse así a las hembras. Lo consiguen con cierta frecuencia.

13 Esta sugerencia la hizo Jane Sheldon.

14 Dorothy Cheney y Robert Seyfarth, *Baboon Metaphysics: The Evolution of a Social Mind*, Chicago, University of Chicago Press, 2007. Véase mi «Primates, Cephalopods, and the Evolution of Communication» (un artículo que aparecerá en una nueva colección sobre la obra de D. Cheney y R. Seyfarth) para más aspectos de su teoría. Los papiones también tienen una gama de gestos comunicativos, así como sus llamadas. El artículo de Jennifer Mather «Cephalopod Skin Displays: From Concealment to Communication», en D. Kimbrough Oller y Ulrike Griebel (eds.), *Evolution of Communication Systems: A Comparative Approach*, pp. 193-214, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 2004, discute también las insólitas relaciones entre emisor y receptor en las exhibiciones de los cefalópodos.

15 El interesante trabajo que se discute aquí, de Martin Moynihan y Arcadio Rodaniche, es «The Behavior and Natural History of the Caribbean Reef Squid *(Sepioteuthis sepioidea)*. With a Consideration of Social, Signal and Defensive Patterns for Difficult and Dangerous Environments», en *Advances in Ethology*, 25 (1982), pp. 1-151. Arcadio Rodaniche falleció mientras se completaba este libro. Agradezco a Denice Rodaniche su ayuda en relación con la historia del trabajo de M. Moynihan y A. Rodaniche.

16 La agregación de jibias gigantes en Whyalla es otro caso, aunque pasajero: se reúnen para reproducirse. Los calamares de Humboldt viven en grandes agregaciones. No han sido muy estudiados, en parte debido a que son grandes y pueden ser agresivos: son quizá los cefalópodos más violentos que se conocen. Algunas observaciones recientes sobre nautilos de Julian Finn también los han encontrado en grandes grupos.

6. NUESTRA MENTE Y LAS OTRAS

1 El pasaje aparece en la obra de David Hume *A Treatise of Human Nature,* libro I, parte IV, sección VI, «De la identidad personal» («Of Personal Identity»), publicado por primera vez en 1739 [*Tratado de la naturaleza humana. Ensayo para introducir el método del razonamiento experimental en los asuntos morales (1739-1740)*, Madrid, Tecnos, 2005, Félix Duque (ed. y trad.), pp. 232-233].

2 Christopher Heavey y Russell Hurlburt encontraron que el habla interior ocupa alrededor del 26 por ciento de la vida de vigilia consciente de una muestra de estudiantes de instituto. También hallaron mucha variación entre los distintos sujetos. Véase Christopher Heavey y Russell Hurlburt, «The Phenomena of Inner Experience», en *Consciousness and Cognition*, 17, núm. 3 (2008), pp. 798-810.

3 Hizo el comentario en el capítulo 5 de su libro *Experience and Nature,* Chicago, Open Court Publishing, 1925 [*La experiencia y la naturaleza*, México, Fondo de Cultura Económica, 1948].

4 *Pensamiento y lenguaje*, de Lev S. Vygotsky, se publicó póstumamente en 1934, el mismo año de su muerte. Se publicó en inglés (1962), traducido por Eugenia Hanfmann y Gertrude Vakar, en MIT Press. En 1986 apareció una edición revisada y ampliada de dicha traducción, editada por Alex Kozulin, que restableció el texto original de Vygotsky [*Pensamiento y lenguaje*, Barcelona, Paidós, 2010].

5 El célebre libro (con toda la razón) de Tomasello era *The Cultural Origins of Human Cognition*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1999 [*Los orígenes culturales de la cognición humana*, Buenos Aires, Amorrortu, 2007]. Andy Clark concede mucho crédito a Vygotsky en su innovador *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1997 [*Estar ahí. Cerebro, cuerpo y mundo en la nueva ciencia cognitiva*, Barcelona, Paidós, 1999].

6 Un par de ejemplos son Joanna Dally, Nathan Emery y Nicola Clayton, «Food-Caching Western Scrub-Jays Keep Track of Who Was Watching When», en *Science*, 312 (2006), pp. 1662-1665; y Nicola Clayton y Anthony Dickinson, «Episodic-like Memory During Cache Recovery by Scrub Jays», en *Nature*, 395 (2001), pp. 272-274.

7 Véase su libro *The Mentality of Apes*, Ella Winter (trad.), Nueva York, Harcourt Brace, 1925 [*Experimentos sobre la inteligencia de los chimpancés*, Barcelona, Debate, 1989].

8 El libro de Merlin Donald *Origins of the Modern Mind: Three Stages in the Evolution of Culture and Cognition*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1991, es todavía muy interesante, aunque hoy se ha quedado un poco antiguo. El artículo sobre el hermano John, de André Roch Lecours e Yves Joanette, es «Linguistic and Other Psychological Aspects of Paroxysmal Aphasia», en *Brain and Language*, 10, núm. 1 (1980), pp. 1-23. En el texto hablo en pasado cuando me refiero al hermano John, pero no he podido descubrir si todavía vive.

9 Peter Carruthers, «The Cognitive Functions of Language», en *Behavioral and Brain Sciences*, 25, núm. 6 (2002), pp. 657-674,

constituye un buen estudio, que, además, viene acompañado de un conjunto de comentarios de varios investigadores que expresan otras ideas.

10 El estudio es Shilpa Mody y Susan Carey, «Evidence for the Emergence of Logical Reasoning by the Disjunctive Syllogism in Early Childhood», en *Cognition*, 154 (2016). pp. 40-48. Encontraron que los niños de menos de tres años de edad no logran realizar tareas que requieren procesar un silogismo disyuntivo, pero que los de tres años sí lo consiguen. También señalan (citando otros estudios) que, aunque los niños usan la palabra «y» poco después de su segundo aniversario, no producen «o» hasta que están cerca de cumplir los tres años. S. Mody y S. Carey son prudentes a la hora de interpretar este hallazgo y no afirman que demuestre que la internalización de esta parte del lenguaje exterior permita a los niños tener éxito en la tarea. Un experimento muy conocido que insiste en una dirección similar fue el que llevaron a cabo Linda Hermer y Elizabeth Spelke, «A Geometric Process for Spatial Reorientation in Young Children», en *Nature*, 370 (1994), pp. 57-59; un trabajo ulterior y conclusiones se discuten en «What Makes Us Smart: Core Knowledge and Natural Language», de E. Spelke, en Dedre Gentner y Susan Goldin-Meadow (eds.), *Language in Mind: Advances in the Investigation of Language and Thought*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 2003. Este trabajo sugería que solo los humanos que pueden usar lenguaje son capaces de combinar información de tipos diferentes (pistas geométricas y de color) a la hora de intentar abrirse paso por una habitación, mientras que las ratas y los niños que aún no han aprendido a hablar, no. Sin embargo, estudios más recientes parecen haber dejado menos clara la importancia de estos experimentos. Para el caso de los seres humanos, véase Kristin Ratliff y Nora Newcombe, «Is Language Necessary for Human Spatial Reorientation? Reconsidering Evidence from Dual Task Paradigms», en *Cognitive Psychology*, 56 (2008), pp. 142-163. Giorgio Vallortigara ha señalado también que las gallinas pueden resolver una tarea

que resultaba complicada para las ratas; véase G. Vallortigara *et al.*, «Reorientation by Geometric and Landmark Information in Environments of Different Size», *Developmental Science*, 8 (2005), pp. 393-401.

11 El libro de Daniel Dennett *Consciousness Explained*, Nueva York, Little, Brown and Co., 1991 [*La conciencia explicada. Una teoría interdisciplinar*, Barcelona, Paidós, 1995], es una fuente importante para esbozar este punto de vista. Para la idea de que el lenguaje interior se origina en copias de eferencia con otros propósitos, véase Simon Jones y Charles Fernyhough, «Thought as Action: Inner Speech, Self-Monitoring, and Auditory Verbal Hallucinations», en *Consciousness and Cognition*, 16, núm. 2 (2007), pp. 391-399. Peter Carruthers sugiere que el lenguaje interior constituye un medio para la «emisión» interior que facilita los estilos racionales, deliberados, del pensamiento en su artículo «An Architecture for Dual Reasoning», en Jonathan Evans y Keith Frankish (eds.), *In Two Minds: Dual Processes and Beyond*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2009. El libro de Ch. Fernyhough sobre el lenguaje interior es *The Voices Within: The History and Science of How We Talk to Ourselves*, Londres, Profile Books, 2016. Lo que pienso acerca del lenguaje interior se ha visto influido asimismo por la tesis doctoral de Kritika Yegnashankaran: *Reasoning as Action*, Universidad de Harvard, 2010.

12 No tardaré en decir más acerca del armazón que introdujo este concepto. Constituyen unas buenas fuentes el artículo de Björn Merker citado anteriormente (*supra*, cap. 4, n. 9): «The Liabilities of Mobility: A Selection Pressure for the Transition to Consciousness in Animal Evolution», en *Consciousness and Cognition*, 14, núm. 1 (2005), pp. 89-114; y Kalina Christoff *et al.*, «Specifying the Self for Cognitive Neuroscience», en *Trends in Cognitive Sciences*, 15, núm. 3 (2011), pp. 104-112.

13 También he debatido, al tratar de explicarlo, uno de los fenómenos en que las copias de eferencia son (probablemente) importantes: las constancias perceptuales. Por ejemplo, cuando nuestros ojos

saltan de una cosa a otra (como hacen de manera habitual), parece que los objetos permanecen estables. Este es un aspecto que pertenece a los fenómenos de «constancia»; otros incluyen nuestra capacidad para compensar los cambios en las condiciones de iluminación, algo que no implicaría ni acciones, ni copias de eferencia. Todavía se continúa investigando para tratar de dilucidar el papel que desempeñan las copias de eferencia en los fenómenos de constancia. Véase W. Pieter Medendorp, «Spatial Constancy Mechanisms in Motor Control», en *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B 366 (2011), art. 20100089.

14 El libro de Daniel Kahneman *Thinking, Fast and Slow*, Nueva York, Farrar, Straus and Giroux, 2011 [*Pensar rápido, pensar despacio*, Barcelona, Debate, 2012], se ha convertido ya en un clásico. Véase también la recopilación de artículos de Jonathan Evans y Keith Frankish (eds.), *In Two Minds: Dual Processes and Beyond*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 2009. Dewey puso mucho énfasis en el ensayo imaginado de las acciones, en especial en su teoría del comportamiento moral.

15 Véase su ya citado *Consciousness Explained*, Nueva York, Little, Brown and Co., 1991 [*La conciencia explicada. Una teoría interdisciplinar*, Barcelona, Paidós, 1995]. Dennett no utiliza copias de eferencia en su modelo. Relaciona su explicación del origen de la máquina de Joyce con la idea de Richard Dawkins de la transmisión de *memes*, una idea sobre la que tengo más dudas (véase R. Dawkins, *The Selfish Gene*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 1976 [*El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta*, Barcelona, Salvat, 1997]).

16 Véase Harald Merckelbach y Vincent van de Ven, «Another White Christmas: Fantasy Proneness and Reports of "Hallucinatory Experiences" in Undergraduate Students», en *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 32, núm. 3 (2001), pp. 137-144.

17 Véase Alan Baddeley y Graham Hitch, «Working Memory», en Gordon H. Bower (ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*, Cambridge (Massachusetts), Academic Press, 1974, t. VIII, pp. 47-89.

18 Véase Stanislas Dehaene y Lionel Naccache, «Towards a Cognitive Neuroscience of Consciousness: Basic Evidence and a Workspace Framework», en *Cognition*, 79 (2001), pp. 1-37.

19 Véase especialmente la obra de David Rosenthal, como «Thinking That One Thinks», en Martin Davies y Glyn Humphreys (eds.), *Consciousness: Psychological and Philosophical Essays*, 197-223, Oxford, Blackwell Publishing, 1993.

20 Véase W. Tecumseh Fitch, *The Evolution of Language*, Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press, 2010.

21 Véase Erich von Holst y Horst Mittelstaedt, «The Reafference Principle (Interaction Between the Central Nervous System and the Periphery)», 1950, reimpreso en *The Behavioural Physiology of Animals and Man: The Collected Papers of Erich von Holst*, vol. 1, Robert Martin (trad.), Coral Gables (Florida), University of Miami Press, 1973, pp. 139-173. En un aspecto, la terminología que tomo de ellos no resulta ser la mejor. Las señales internas usadas para tratar con la reaferencia no tienen por qué ser copias, en ningún sentido normal, de la señal de salida enviada a los músculos. Lo que yo llamo *copias de eferencia* a veces se denomina, en cambio, *descargas de corolario*. El término «descarga» es más neutro que «copia». Trinity Crapse y Marc Sommer en su «Corollary Discharge Across the Animal Kingdom», en *Nature Reviews Neuroscience*, 9 (2008), pp. 587-600, aducen que las copias de eferencia deberían verse como un tipo de descarga de corolario. Quizá esta sea una buena manera de disponer las cosas. Sin embargo, en este libro quiero sacar partido de toda la red de distinciones que E. von Holst y H. Mittelstaedt introdujeron: *aferencia* frente a *eferencia, reaferenccia* frente a *exaferencia*, etcétera. El término «copia» se ha vuelto normal en este contexto, de modo que seguiré con él. Estos fenómenos fueron estudiados por primera vez en el caso de la visión y versiones de la idea principal (la necesidad de compensar para la reaferencia con el fin de resolver la ambigüedad en la percepción) fueron introducidas en teorías de la visión que se remontan al siglo XVII. Un esbozo histórico

interesante es el de Otto-Joachim Grüsser, «Early Concepts on Efference Copy and Reafference», en *Behavioral and Brain Sciences*, 17, núm. 2 (1994), pp. 262-265.

22 Discuto esto en mi «Sender-Receiver Systems Within and Between Organisms», en *Philosophy of Science*, 81 (2014), pp. 866-878.

7. EXPERIENCIA COMPRIMIDA

1 Las obras clásicas sobre envejecimiento en las que se ha basado este capítulo son: Peter Medawar, *An Unsolved Problem of Biology*, Londres, H. K. Lewis and Company, 1952; George Williams, «Pleiotropy, Natural Selection, and the Evolution of Senescence», en *Evolution,* 11, núm. 4 (1957), pp. 398-411; y William Hamilton, «The Moulding of Senescence by Natural Selection», en *Journal of Theoretical Biology*, 12, núm. 1 (1966), pp. 2-45. Un buen examen del desarrollo de la teoría evolutiva del envejecimiento es la de Michael Rose *et al.*, «Evolution of Ageing since Darwin», en *Journal of Genetics*, 87 (2008), pp. 363-371. Una teoría del envejecimiento que no discuto de manera explícita es la teoría del *soma desechable.* La considero una variante de la teoría de Williams. Esto lo discute Thomas Kirkwood en «Understanding the Odd Science of Aging», en *Cell*, 120, núm. 4 (2005), pp. 437-447, otro buen análisis de todas estas cuestiones.

2 La cita es de «My Intended Burial and Why», en *Ethology Ecology and Evolution*, 12, núm. 2 (2000), pp. 111-122. Para más información sobre este destacado pensador, véase *Narrow Roads of Gene Land: The Collected Papers of W. D. Hamilton*, vol. 1: *Evolution of Social Behaviour*, Oxford y Nueva York, W. H. Freeman/Spektrum, 1996. Al final fue enterrado cerca de Oxford; una inscripción de su pareja en un banco cercano indica que, con el tiempo, y transportado por una gota de lluvia, Hamilton volverá al Amazonas.

3 Esta teoría no especifica *de qué manera* tendrá lugar un fallo relacionado con la edad, aunque, como Williams señaló, predice

que surgirán muchos problemas diferentes a medida que una persona envejece. Los biólogos exploran todavía los mecanismos generales por los que ocurre el deterioro, tanto en mamíferos como en una gama más extensa de organismos. Algunas hipótesis que postulan un origen único y amplio del deterioro pueden no enfrentarse del todo con la teoría evolutiva del envejecimiento que aquí se describe. A veces es difícil decir qué teorías compiten con ella y cuáles son compatibles. Para un estudio reciente de los mecanismos, véase Darren Baker *et al.*, «Naturally Occurring $p16^{Ink4a}$- Positive Cells Shorten Healthy Lifespan», en *Nature*, 530 (2016), pp. 184-189.

4 Véase Jennifer Mather, «Behaviour Development: A Cephalopod Perspective», en *International Journal of Comparative Psychology*, 19, núm. 1 (2006), pp. 98-115.

5 Véase Roy Caldwell, Richard Ross, Arcadio Rodaniche y Christine Huffard, «Behavior and Body Patterns of the Larger Pacific Striped Octopus», en *PLoS One*, 10, núm. 8 (2015), e0134152. El artículo no describe a este pulpo como «iteróparo», como hicieron estudios anteriores: «Parece que es mejor designar al LPSO [su pulpo] como "frezador continuo", con un único periodo de oviposición prolongado, que como "iteróparo", con múltiples periodos de oviposición separados de forma discreta».

6 Véase de nuevo Björn Kröger, Jakob Vinther y Dirk Fuchs, «Cephalopod Origin and Evolution: A Congruent Picture Emerging from Fossils, Development and Molecules», en *BioEssays*, 33 (2011), pp. 602-613.

7 Véase Bruce Robison, Brad Seibel y Jeffrey Drazen, «Deep-Sea Octopus *(Graneledone boreopacifica)* Conducts the Longest-Known Egg-Brooding Period of Any Animal», en *PLoS One*, 9, núm. 7 (2014), e103437.

8 Otra probable excepción a la regla de los cefalópodos de vida corta es el calamar vampiro. A pesar del nombre, este no es un animal muy aterrador. Se sabe tan poco de la vida de estos animales que un científico holandés (Henk-Jan Hoving) y algunos co-

laboradores empezaron no hace mucho a estudiar antiguos ejemplares de laboratorio, conservados durante años en botellas polvorientas, para obtener algunas pistas. Encontraron pruebas de que, a diferencia de casi todos los demás cefalópodos, las hembras de los calamares vampiro atraviesan múltiples ciclos reproductivos, con periodos de tiempo considerable entre ellos. Creen que es probable que el ciclo se repita más de 20 veces. Si están en lo cierto, estos calamares han de tener una vida muy larga. Se trata de animales de aguas profundas, que viven en el frío y con la lentitud de las profundidades. Carecemos de pruebas firmes sobre los peligros de depredación a los que se enfrentan. Véase Henk-Jan Hoving, Vladimir Laptikhovsky y Bruce Robison, «Vampire Squid Reproductive Strategy Is Unique among Coleoid Cephalopods», en *Current Biology*, 25, núm. 8 (2015), R322-323.

9 En cierto sentido, mi tratamiento del envejecimiento de los cefalópodos en este capítulo resulta muy poco ortodoxo. Aplico ideas teóricas convencionales (Medawar, Williams, etcétera), pero desde hace tiempo se ha considerado que los pulpos constituyen un problema para estas mismas ideas. Ello se debe a que mucha gente ha creído que los pulpos están «programados» para morir en una determinada fase. Su deterioro ha parecido ordenado y «planeado»: todos estos términos se usan con frecuencia a propósito de la muerte de los pulpos. Cuando se proporcionan listas de casos que podrían ser un problema para la teoría de Medawar-Williams, los pulpos suelen destacar en ellas. La teoría de Medawar-Williams no considera que el deterioro relacionado con la edad ocurra «por designio», pero los pulpos dan esta impresión. Dicha teoría viene respaldada por un estudio de 1977 de la base fisiológica de la senescencia de los pulpos: Jerome Wodinsky, «Hormonal Inhibition of Feeding and Death in Octopus: Control by Optic Gland Secretion», en *Science*, 198 (1977), pp. 948-951. El artículo indica que la muerte en la especie *Octopus hummelincki* es causada por alguna secreción (o secreciones) procedente de las «glándulas ópticas». Cuando se extirpan dichas glándulas, los pul-

pos de ambos sexos viven más tiempo y se comportan de manera diferente. Según la interpretación de Wodinsky: «Aparentemente, el pulpo posee un sistema de "autodestrucción" específico». ¿Por qué habrían de tener algo semejante? Wodinsky ofrece una hipótesis en una nota a pie de página: «En ambos sexos, este mecanismo garantiza la eliminación de los individuos viejos, grandes y depredadores y constituye un medio muy efectivo de control demográfico». Si esta afirmación acerca del control demográfico pretende ser una explicación de por qué existe este mecanismo que causa la muerte, entonces se halla en apariencia en conflicto con los principios generales sobre la evolución en los que me basé al inicio de este capítulo. Supongamos que apareció un mutante que vivía más tiempo y conseguía algunos apareamientos adicionales. El hecho de que pudiera afectar negativamente a la población no evitaría que el mutante se hiciera más común. Es muy difícil que las medidas de «control demográfico» no se vean trastocadas por los gorrones. Un artículo sobre modelos de Justin Werfel, Donald Ingber y Yaneer Bar-Yam afirma que es posible que aparezca por evolución una muerte programada del tipo que se suele asociar a los pulpos. El artículo es «Programmed Death Is Favored by Natural Selection in Spatial Systems», en *Physical Review Letters*, 114 (2015), art. 238103. Sin embargo, el modelo usado en este artículo es uno en el que la reproducción y la dispersión se presentan como un asunto local: los descendientes de un progenitor tienden a establecerse y a crecer en las inmediaciones. Esto puede causar problemas de competencia en el seno de una familia (los hijos, y quizá los nietos, compiten entre sí por los mismos recursos locales). Desde la década de 1980, toda una serie de modelos han demostrado que este tipo de situación en la que «una manzana no cae lejos del árbol» puede tener consecuencias evolutivas especiales. Sin embargo, los pulpos no se reproducen de esta manera. Cuando un huevo hace eclosión, la larva se une al plancton y se deja arrastrar con este; después, si sobrevive, se instala en el fondo marino en algún otro lugar. Benjamin Kerr y

yo elaboramos un modelo de comportamientos cooperativos en casos como este: Peter Godfrey-Smith y Benjamin Kerr, «Selection in Ephemeral Networks», en *American Naturalist*, 174, núm. 6 (2009), pp. 906-911. Por lo que se sabe, los pulpos jóvenes no tienen modo de establecerse cerca de donde vivía su madre. Si lo hicieran (mediante alguna suerte de rastreo químico), esto tendría varias consecuencias interesantes, entre ellas la posibilidad de cooperación y de «limitación» reproductivas. Sin embargo, creo que la muerte de los pulpos está probablemente menos «programada» de lo que parece y constituye una especie de expresión extrema de los fenómenos reconocidos por la teoría de Medawar-Williams. (Véase el artículo de Thomas Kirkwood «Understanding the Odd Science of Aging», en *Cell*, 120, núm. 4 (2005), pp. 437-447, que cité para otros argumentos de este tipo, aunque no vayan dirigidos al caso de los pulpos). El artículo de Wodinsky contiene algunas pistas. La eliminación de las glándulas ópticas causa una serie de cambios de comportamiento, así como senescencia retardada («Cuando se extirpan estas glándulas después de haber puesto los huevos, la hembra deja de incubarlos, empieza a comer de nuevo, gana peso y vive por un periodo prolongado»). Las glándulas, cuando están presentes, quizá no provocan la senescencia *per se*, sino un perfil de comportamiento y fisiológico que tiene la senescencia como subproducto. En un cierto sentido, los cefalópodos constituyen buenos ejemplos para la teoría evolutiva del envejecimiento: su riesgo de depredación es agudo y su vida, muy corta. En otro sentido, parecen malos ejemplos: su deterioro resulta demasiado ordenado, demasiado «programado». Quizá al relato que he contado aquí le falte algo: especialmente en los pulpos machos, que no incuban los huevos, el deterioro repentino parece extraño. Sin embargo, la «regulación demográfica» es improbable y pienso que la teoría de Medawar-Williams-Hamilton acabará siendo aplicada también aquí.

8. OCTÓPOLIS

1 Un primer resumen de las características insólitas de este lugar se encuentra en Peter Godfrey-Smith y Matt Lawrence, «Long-Term High-Density Occupation of a Site by *Octopus tetricus* and Possible Site Modification Due to Foraging Behavior», en *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 45, núm. 4(2012), pp. 1-8. El sitio continúa cambiando. Pueden encontrarse puestas al día en la página web Metazoan.net.

2 En uno de nuestros artículos, incluimos una tabla que categoriza informes previos de grupos y de interacción social en pulpos. Véase la tabla 1 en David Scheel, Peter Godfrey-Smith y Matt Lawrence, «Signal Use by Octopuses in Agonistic Interactions», en *Current Biology*, 26, núm. 3 (2016), pp. 377-382.

3 No podemos estar totalmente seguros acerca de ello, porque las propias cámaras son una adición temporal a su ambiente: están instaladas sobre trípodes, a menudo muy cerca de los animales. A veces una cámara es atacada por un pulpo. Nuestra impresión es que, durante gran parte del tiempo, las actividades que captan las cámaras cuando no hay buceadores no son muy diferentes de las tienen lugar cuando hay buceadores con los pulpos y que la mayor parte del tiempo las cámaras no son el foco de demasiada atención por parte de los pulpos. Sin embargo, es difícil estar completamente seguros.

4 Véase, por ejemplo, David Scheel y Craig Packer, «Group Hunting Behavior of Lions: A Search for Cooperation», en *Animal Behaviour*, 41, núm. 4 (1991), pp. pp. 697-709.

5 No puedo estar seguro acerca de estos casos, pues podría haber un pulpo fuera del alcance de la vista (detrás de la cámara); o bien la propia cámara podría desencadenar alguno de estos comportamientos.

6 El objeto en segundo plano es una de nuestras cámaras de vídeo sobre un trípode. Este último es de un tipo alto que empezamos a usar recientemente en una posición. Los otros trípodes son bajos y menos visibles.

7 Véase David Scheel, Peter Godfrey-Smith y Matt Lawrence, «Signal Use by Octopuses in Agonistic Interactions», en *Current Biology*, 26, núm. 3 (2016), pp. 377-382.

8 El dibujo lo hizo Eliza Jewett. Una versión de esta imagen apareció también en el artículo citado en la nota anterior.

9 Este es el mismo artículo al que se hace referencia en el capítulo 5 (nota 15): Martin Moynihan y Arcadio Rodaniche, «The Behavior and Natural History of the Caribbean Reef Squid *(Sepioteuthis sepioidea)*. With a Consideration of Social, Signal and Defensive Patterns for Difficult and Dangerous Environments», en *Advances in Ethology*, 25 (1982), pp. 1-151.

10 Véase Roy Caldwell, Richard Ross, Arcadio Rodaniche y Christine Huffard, «Behavior and Body Patterns of the Larger Pacific Striped Octopus», en *PLoS One*, 10, núm. 8 (2015), e0134152.

11 Se trata de David Scheel, Peter Godfrey-Smith y Matt Lawrence, «*Octopus tetricus* (Mollusca: Cephalopoda) as an Ecosystem Engineer», en *Scientia Marina*, 78, núm. 4 (2014), pp. 521-528.

12 Véase Elena Tricarico *et al.*, «I Know My Neighbour: Individual Recognition in *Octopus vulgaris*», en *PLoS One* 6, núm. 4 (2011), e18710.

13 Graziano Fiorito y Pietro Scotto, «Observational Learning in *Octopus vulgaris*», en *Science* 256 (1992), pp. 545-547.

14 Véase Richard Dawkins, *The Ancestor's Tale*, Nueva York, Houghton Mifflin, 2004.

15 Véase su «Cephalopods and Fish: The Limits of Convergence», en *Biological Reviews*, 47, núm. 2 (1972), pp. 241-307, y, también, Frank Grasso y Jennifer Basil, «The Evolution of Flexible Behavioral Repertoires in Cephalopod Molluscs», en *Brain, Behavior and Evolution*, 74, núm. 3 (2009), pp. 231-245.

16 Aquí uso de nuevo el artículo de Björn Kröger, Jakob Vinther y Dirk Fuchs, «Cephalopod Origin and Evolution: A Congruent Picture Emerging from Fossils, Development and Molecules», en *Bioessays*, 33, núm. 8 (2011), pp. 602-613. Existe algo de incertidumbre acerca de dónde encajan los vampiromorfos, el «calamar

vampiro». Adviértase asimismo que «decápodo» puede referirse a un grupo de crustáceos, así como a uno de cefalópodos.

17 No solo ha cambiado la datación de los orígenes de los cefalópodos desde la época de Packard; lo mismo ha ocurrido con los peces. Ahora se cree que los tipos de peces que Packard consideró competidores de los cefalópodos evolucionaron antes de lo que él pensaba, quizá en el Pérmico, que es, aproximadamente, la nueva datación para el antepasado común de los cefalópodos coleoideos. Véase Thomas Near *et al.*, «Resolution of Ray-Finned Fish Phylogeny and Timing of Diversification», en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, núm. 34 (2012), pp. 13698-13703.

18 Véase Caroline Albertin *et al.*, «The Octopus Genome and the Evolution of Cephalopod Neural and Morphological Novelties», en *Nature*, 524 (2015), pp. 220-224.

19 Véase Christelle Jozet-Alves, Marion Bertin y Nicola Clayton, «Evidence of Episodic-like Memory in Cuttlefish», en *Current Biology*, 23, núm. 23 (2013), R1033-1035. El estudio de aves sobre el que modelaron su trabajo se ha citado antes: Nicola Clayton y Anthony Dickinson, «Episodic-like Memory During Cache Recovery by Scrub Jays», en *Nature,* 395 (2001), pp. 272-274.

20 La reserva marina se encuentra en Cabbage Tree Bay, al norte de Sídney.

21 Aquí sigo de forma especial el libro de Charles Clover *The End of the Line: How Overfishing Is Changing the World and What We Eat*, Nueva York, New Press, 2006. El libro de Alanna Mitchell *Sea Sick: The Global Ocean in Crisis*, Toronto, McClelland and Stewart, 2009, es de lectura igualmente preocupante. Un texto más breve muy bueno (de nuevo preocupante) es el artículo de Elizabeth Kolbert «The Scales Fall», en *The New Yorker*, 2-VIII-2010. El discurso de Huxley se pronunció en la Muestra de Pesca de 1883. Clover dice: «Al cabo de una década, una investigación parlamentaria de la que era miembro un Huxley enfermo invalidó aquellas conclusiones».

22 En el caso del bacalao, el declive ya se había iniciado, según parece, hacia la época del discurso de Huxley (1883). Se aceleró, pero después se detuvo durante la I Guerra Mundial. Después de la guerra, las poblaciones de bacalao fluctuaron, pero se redujeron y, posteriormente, en 1992, los caladeros se hundieron por completo en aguas del Canadá. Los datos de 2015 sugieren que ahora las poblaciones de peces están mucho mejor, gracias a una reducción de la pesca («Cod Make a Comeback...», en *New Scientist*, 8-VII-2015).

23 No he encontrado muchos datos sobre cefalópodos y acidificación del océano, pero algunos en verdad preocupantes se discuten en H. O. Pörtner *et al.*, «Effects of Ocean Acidification on Nektonic Organisms», en J.-P. Gattuso y L. Hansson (eds.), *Ocean Acidification*, Oxford, Oxford University Press, 2011. Roger Hanlon, citado por Katherine Harmon Courage, dice que, aunque los cefalópodos pueden habérselas con varios tipos de aguas «sucias», son muy sensibles al nivel de acidez (pH), debido a su peculiar química sanguínea, y la acidificación es una grave amenaza para ellos. Véase Katherine Harmon Courage, *Octopus! The Most Mysterious Creature in the Sea*, Nueva York, Current-Penguin, 2013, pp. 70 y 213.

24 Para una crítica de algunas de estas ideas, véase Andrew Barron, «Death of the Bee Hive: Understanding the Failure of an Insect Society», en *Current Opinion in Insect Science*, 10 (2015), pp. 45-50.

25 Véase el libro de Alanna Mitchell *Sea Sick: The Global Ocean in Crisis*, Toronto, McClelland and Stewart, 2009, y, para un resumen, «What Causes Ocean "Dead Zones"?», en *Scientific American*, 25-IX-2012, www.scientificamerican.com/article/ocean-dead-zones [véase también «Recuperación de zonas muertas», de Laurence Mee, en *Investigación y ciencia*, 364 (2007), pp. 46-53 *(N. del T.)*]. Según el libro de A. Mitchell, el número de estas «zonas muertas» se ha duplicado cada década desde 1960.

AGRADECIMIENTOS

Estoy agradecido a todos los científicos (biólogos marinos, teóricos de la evolución, neurocientíficos y paleontólogos) que me ayudaron con este proyecto. Las primeras de la lista tienen que ser Crissy Huffard y Karina Hall, que animaron mis primeros esfuerzos por comprender a los cefalópodos. Otros biólogos que aportaron destacadas contribuciones son Jim Gehling, Gáspár Jékely, Alexandra Schnell, Michael Kuba, Jean Alupay, Roger Hanlon, Jean Boal, Benny Hochner, Jennifer Mather, Andrew Barron, Shelley Adamo, Jean McKinnon, David Edelman, Jennifer Basil, Frank Grasso, Graham Budd, Roy Caldwell, Susan Carey, Nicholas Strausfeld y Roger Buick. El papel de mis compañeros en Octópolis —Matt Lawrence, David Scheel y Stefan Linquist— quedará patente en el texto. También les estoy agradecido por permitirme utilizar varias imágenes de vídeos que realizamos juntos.

Por el lado filosófico, la influencia de la obra de Daniel Dennett resultará clara a los muchos admiradores de sus libros; y también estoy agradecido a Fred Keijzer, Kim Sterelny, Derek Skillings, Austin Booth, Laura Franklin-Hall, Ron Planer, Rosa Cao, Colin Klein, Robert Lurz, Fiona Schick, Michael Trestman y Joe Vitti. El Centro de Buceo Manly y Let's Go Adventures (bahía de Nelson) proporcionaron un valioso apoyo para las inmersiones con

escafandra autónoma. Eliza Jewett dibujó las ilustraciones de las páginas 68 y 224 y Ainsley Seago dibujó la de la página 64. La fotografía de la primera página del encarte en color aparece asimismo en «Cephalopod Cognition (book review)», en *Animal Behaviour*, vol. 106 (agosto de 2015), pp. 145-147. Mi agradecimiento ha de dirigirse también a Denise Whatley, Tony Bramley, Cynthia Chris, Denice Rodaniche, Mick Saliwon y Lyn Cleary. El Centro Superior de la Universidad de la ciudad de Nueva York es un lugar maravilloso para realizar un trabajo académico, un sitio que confiere libertad para pensar y escribir, demás de proporcionar una magnífica atmósfera intelectual. Debo expresar mi más profundo agradecimiento a todos los conservadores de la Reserva Acuática de Cabbage Tree Bay, del Parque Nacional Booderee, del Parque Marino de Jervis Bay y del Parque Marino de Port Stephens-Great Lakes por su trabajo a la hora de proteger y cuidar estos ecosistemas.

La labor de Alex Star en este proyecto resultó fundamental de un modo que va mucho más allá de la imprescindible confianza propia de un buen editor. Finalmente, he de dar las gracias a Jane Sheldon, que realizó comentarios perspicaces a varios borradores, reconoció animales dignos de mención en el mar, inspiró muchas ideas (y aportó otras) y tuvo mucha paciencia con la cantidad cada vez mayor de agua salada y neopreno que impregna nuestro minúsculo apartamento en la costa en la que se concibió este libro.

ÍNDICE ANALÍTICO

Los números en *cursiva* remiten a ilustraciones.

FOTOGRAFÍAS



Octopus tetricus, el pulpo «sombrío», mueve los brazos sobre su cabeza. Todas las fotografías de pulpos de este libro pertenecen a esta especie, que se encuentra en Australia y Nueva Zelanda.



Este pulpo ha creado un color muy similar al del alga que se encuentra detrás.





Las siguientes cuatro imágenes son fotogramas de un vídeo que muestra una lucha entre pulpos en Octópolis (Australia).





El pulpo derrotado se zafa del vencedor y huye deprisa.



Un pulpo se desplaza mediante propulsión a chorro, de derecha a izquierda. Es el mismo que venció en la lucha mostrada en las páginas anteriores.



Una jibia o sepia gigante australiana *(Sepia apama)*. Se trata de Kandinsky, que se describe en el capítulo 5.



Esta jibia gigante muestra en su cara y en sus brazos las primeras señales de deterioro provocadas por la edad.



Rodin, una jibia gigante que pasaba mucho tiempo en posturas estáticas con los brazos erguidos.

El ojo de una jibia gigante posee una pupila en forma de uve doble. Alrededor del mismo pueden verse los cromatóforos —minúsculos sacos de pigmento controlados por los músculos de la piel—. Esta es la única fotografía de todo el libro en la que se ha empleado luz añadida.

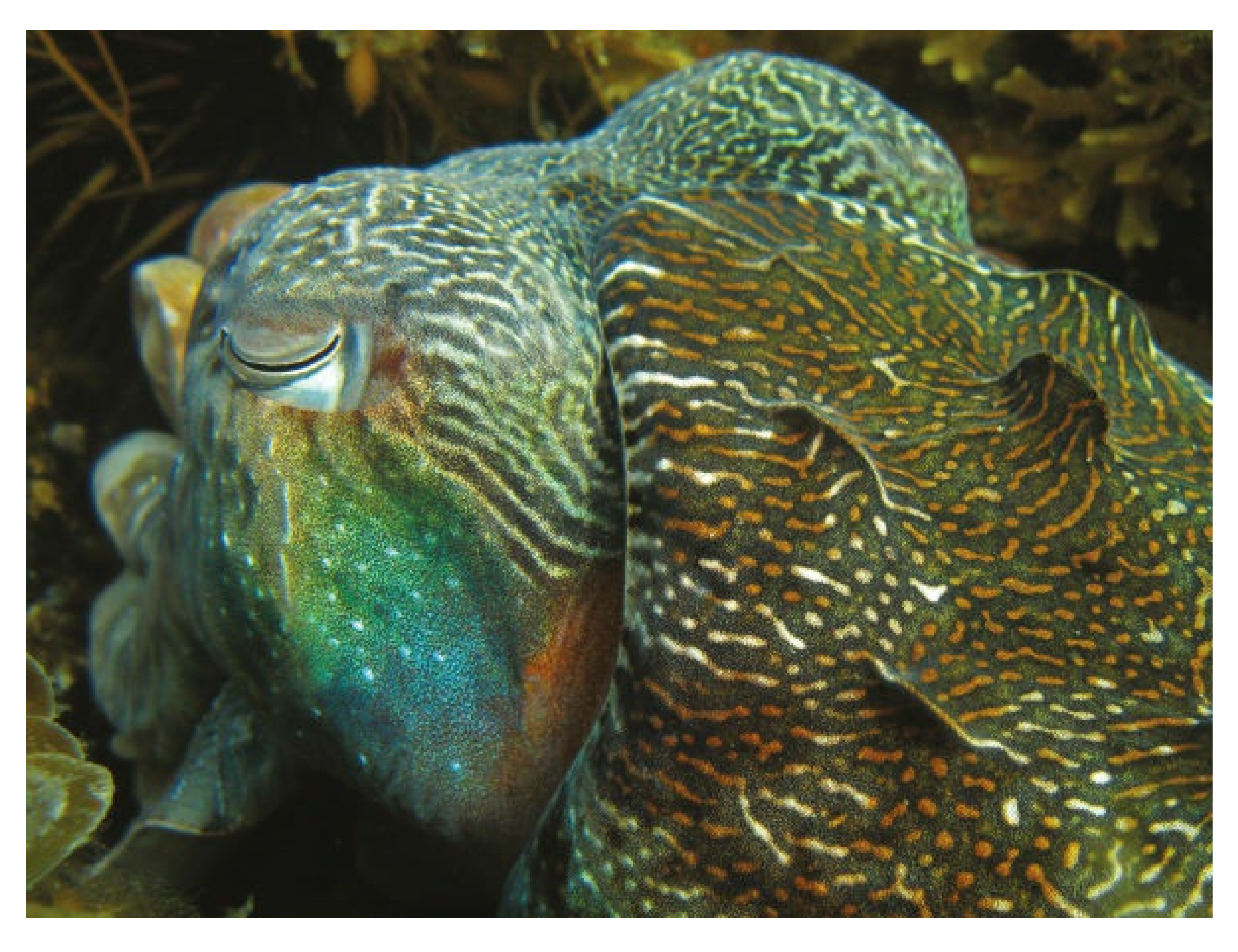




Estas dos fotografías, realizadas con una diferencia de cuatro segundos, muestran un cambio de color de amarillo oscuro a rojo.



Dos jibias gigantes inician su apareamiento en Whyalla (Australia del Sur). El macho está situado a la izquierda. Se ha producido cierta discusión científica sobre si estos animales pertenecen a la misma especie que los que se muestran en mis otras fotos de jibias tomadas en los alrededores de Sídney. De momento solo se reconoce de forma oficial una especie: *Sepia apama*.



Esta fotografía hecha en Whyalla muestra la amplia gama de colores que las sepias gigantes producen mediante mecanismos dispuestos en capas en su piel.



Una jibia gigante, corpulenta y amistosa nada junto a Karina Hall, quien estudia estos animales y me ha enseñado mucho sobre ellos.



Una jibia gigante crea una compleja gama de rojos, anaranjados y marcas blancas plateadas. Los dos animales que aparecen en esta página también pueden conseguir que los pliegues de piel sobre sus ojos adopten formas diversas durante un determinado lapso de tiempo.

Este libro
se terminó de imprimir en
Madrid, España,
en el mes de noviembre de 2017

El libro del año para mentes curiosas, lo más parecido a un encuentro alienígena.

«Una fabulosa mezcla de encuentros a lo Cousteau con cefalópodos, apasionantes discusiones científicas y reflexión filosófica. Maravillosamente escrito, estimulante y audaz.»
Olivia Judson, *The Atlantic*



En una rama muy distante de la nuestra en el árbol de las especies surgió otra mente elevada: la de los cefalópodos. Pero, ¿qué clase de inteligencia poseen estos animales? ¿Cómo desarrolló tal inteligencia el pulpo, criatura de escasa vida social y longevidad de apenas dos años?

Otras mentes es una nueva y audaz historia de cómo la naturaleza se hizo consciente de sí misma, un relato que transcurre en gran medida en el mar. Peter Godfrey-Smith, distinguido filósofo de la ciencia y hábil buceador, describe sus impresionantes encuentros con octópodos y las travesuras perpetradas por pulpos cautivos al tiempo que traza el asombroso viaje evolutivo de los cefalópodos, una ruta alejada de la que más tarde tomaríamos los mamíferos. Una inmersión profunda y excepcionalmente reveladora en los orígenes de la experiencia subjetiva.

Críticas:
«El tema es tan asombroso que es difícil no sentirse seducido, como le pasó al propio autor cuando le extendió una mano a un pulpo y éste se acercó para devolverle el toque, en clara señal de interés.»
Irene Wanner, *The Seattle Times*

«Fascinante. Después de leer este libro, parafraseando a Byron, «no amarás menos al hombre, sino más a los cefalópodos».»
Callum Roberts, *The Washington Post*

«El filósofo Godfrey-Smith combina hábilmente ciencia, filosofía y sus propias experiencias nadando entre estos animales tentaculares para iluminar el origen y la naturaleza de la conciencia.»
The Economist

«Godfrey-Smith se ha impuesto un doble reto: por un lado, recoger todo lo que sabemos sobre la conducta y el conocimiento de los pulpos y, por otro, mostrar por qué esta información es a su vez un reto de cara a nuestra concepción filosófica y científica de la mente. El resultado es de lo más convincente.»
Science

«Si esto es filosofía, funciona. Godfrey-Smith es uno de esos filósofos que buscan pistas en el mundo. Sabio y curioso, nunca resulta dogmático y es sorprendentemente agudo.»
Carl Safina, *The New York Times Book Review*

«Godfrey-Smith enlaza hábilmente historia evolutiva y biología con los debates filosóficos más amplios sobre la naturaleza.»
Nick Romeo, *The Chicago Tribune*

«Una magistral combinación de historia natural, filosofía y curiosidad. De lectura obligada para cualquier persona interesada en la evolución de la mente.»
Jennifer Ackerman, autora de *El ingenio de los pájaros*

«Una deslumbrante muestra de la mejor *pop science*. Increíblemente revelador y divertido.»
Meehan Crist, *Los Angeles Times*





«El tema es tan asombroso que es difícil no sentirse seducido, como le pasó al propio autor cuando le extendió una mano a un pulpo y este se acercó para devolverle el toque, en clara señal de interés.»

Irene Wanner, *The Seattle Times*

En una rama muy distante de la nuestra en el árbol de las especies surgió otra mente elevada: la de los cefalópodos. Pero ¿qué clase de inteligencia poseen estos animales? ¿Cómo desarrolló tales aptitudes el pulpo, criatura de escasa vida social y longevidad de apenas dos años?

Otras mentes es una nueva y audaz historia de cómo la naturaleza se hizo consciente de sí misma, un relato que transcurre en gran medida en el mar. Peter Godfrey-Smith, distinguido filósofo de la ciencia y hábil buceador, describe sus impresionantes encuentros con octópodos y las travesuras perpetradas por pulpos cautivos al tiempo que traza el asombroso viaje evolutivo de los cefalópodos, una ruta alejada de la que más tarde tomaríamos los mamíferos. Una inmersión profunda y excepcionalmente reveladora en la evolución de la mente.





